



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

**PROJETO DE UMA INDÚSTRIA DE RAÇÃO ANIMAL BASEADA NO
PROCESSAMENTO DE CEREAIS**

Fernando José Malmann Kuffel

Lajeado, dezembro de 2020

Fernando José Malmann Kuffel

PROJETO DE UMA INDÚSTRIA DE RAÇÃO ANIMAL BASEADA NO PROCESSAMENTO DE CEREAIS

Trabalho final apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Química, da Universidade do Vale do Taquari, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. André Luis Catto

Lajeado, dezembro de 2020

RESUMO

Devido ao crescente aumento no mercado nacional de rações, surgiu o interesse de uma empresa de nutrição animal, a qual produz rações à base de farinha de origem animal (FOA), em implementar um novo processo de produção, usando cereais. Nesse sentido, buscou-se através do presente trabalho criar um projeto para possível implantação de uma nova área de produção na empresa. O projeto consistiu em selecionar e dimensionar todos os equipamentos e etapas envolvidas no processo de produção da ração, partindo desde as etapas de dosagem, pesagem, moagem, mistura, peletização e envase do produto final. Além disso, foi desenvolvido um *Piping and Instrumentation Diagram (P&ID)* do projeto, com a descrição do sistema de automação e controle, e realizada uma análise de custos de implantação. Através de uma produção diária de 120 toneladas por dia, pôde-se dimensionar os silos para comportarem 208,2 m³ e com a análise dos tempos de operação os transportadores e elevadores foram projetados para uma capacidade de 40 ton/h. Além disso, definiu-se os modelos de moinho de martelos (GK-MMA532), de misturador horizontal de pás (GK-MHP1750), peletizadora (Sprout 36TW-600) e resfriador (SCCR20) para o processo. Através do diagrama P&ID pôde-se detalhar o sistema de operação e segurança da fábrica, contando com todas as válvulas, instrumentos e alarme de segurança além de definir a lógica de operação do processo. Por fim, avaliando os custos envolvidos, verificou-se que após 4 anos a empresa quitará o valor investido, mostrando assim o tempo necessário para o retorno do projeto. Com isso, este projeto serviu como uma base para o desenvolvimento definitivo de implementação desta nova indústria de ração, que já está em andamento com previsão final para início de operação em 2021.

Palavras chave: Ração animal, dimensionamento, equipamentos, *P&ID*, análise financeira.

ABSTRACT

Due to the continuous growth in animal feed market, the interest of an animal nutrition factory, which produces feed from Animal Origin Flour (AOF), rises to create a new production process based in cereals. In this sense, through this paper a project was aimed to create a new production process in the factory. The project consisted in the selection and dimensioning of all equipment and phases involved in the feed production, starting from the dosage, weighting, milling, mixture, pelletization and filling of the final product. Also, a Piping and Instrumentation Diagram (P&ID) of the project was created, describing the control and automation system, and an implementation cost was also analyzed. Through a daily production of 120 tons, the silos were sized to hold 208,2 m³ and analyzing the production time, the transporters and elevators were projected for a 40 ton/h capacity. Also, the models of the hammer mill (GK-MMA532), horizontal paddle mixers (GK-MHP1750), pelletizer (Sprout 36TW-600) and cooler (SCCR20) were defined to the project. Through the P&ID diagram it was possible to detail the operational and security system for the factory, counting with all valves, instruments and security alarms moreover the definition of the process' logical operation. In the end, analyzing the costs of the project, it was concluded that after 4 years the factory will pay off the investment, showing the required time to quit the payment of the project. Therefore, this project served as a base to the definitive development and implementation of the factory, which is already moving and foreseen to operate in 2021.

Key words: Animal feed, equipments, dimensioning, P&ID, financial analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Faturamento do mercado “pet” brasileiro em 2018.	16
Figura 2 – Participação do Brasil no mercado “pet” mundial em 2018.	16
Figura 3 – Fluxograma das etapas envolvidos em uma indústria de ração animal.	20
Figura 4 – Sistema de tombador hidráulico aplicado em moegas rodoviárias.	21
Figura 5 – Consumo energético anual por equipamento em uma indústria de ração animal com produção de 6 ton/h.	24
Figura 6 – Esquema de funcionamento de um moinho de martelos.	25
Figura 7 – Esquema de funcionamento de um misturador vertical.	27
Figura 8 – Exemplo de operação de um misturador horizontal duplo helicoidal.	27
Figura 9 - Esquema prático de uma peletizadora.	29
Figura 10 - Esquema de um secador de <i>pellets</i> para ração animal.	30
Figura 11 - Fluxograma em organograma das etapas envolvidas no trabalho.	33
Figura 12 - Componentes de cálculo do volume de um silo de armazenagem de grãos.	38
Figura 13 - Perfis admitidos para transportadores com inclinação maior que 25°.	41
Figura 14 - Misturador de pás idealizado para o processo.	47
Figura 15 - Moinho de martelos utilizado em indústria de rações.	48

Figura 16 - Sistema de envase duplo para rações.	50
Figura 17 - Formato de nomenclatura para os equipamentos descritos no <i>P&ID</i>	50
Figura 18 - Transportador Redler idealizado para o projeto.	58
Figura 19 - Elevador de canecas idealizado para o projeto.	60
Figura 20 - Misturador horizontal de pás modelo GK-MHP1750 idealizado para o processo de produção de ração.	62
Figura 21 - Moinho de martelos modelo GK-MMA532 idealizado para o projeto.	64
Figura 22 - Peletizadora modelo Sprout 36TW-600 idealizada para o projeto.	66
Figura 23 – Dimensões do resfriador modelo SCCR20 idealizado para o projeto.	67
Figura 24 - Resfriador modelo SCCR20 idealizado para o projeto.	68
Figura 25 - Envasadora de gaveta dupla idealizada para o projeto da empresa.	69
Figura 26 - Esquema de equipamentos na fabricação de ração animal.	70
Figura 27 - <i>P&ID</i> do processo de produção de ração animal idealizado no projeto.	72
Figura 28 - Sistema de silos de macro componentes e balança.	75
Figura 29 - Sistema de silos de micro nutrientes e suplementos.	78
Figura 30 - Sistema de moagem e mistura da ração.	81
Figura 31 - Sistema de peletização e envase.	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Utilização de produtos agrícolas para alimentação animal no ano de 2011.....	19
Tabela 2 – Matérias-primas utilizadas na indústria e suas massas específicas.	35
Tabela 3 – Formulações principais a serem usadas no projeto para fins de cálculo.	35
Tabela 4 - Dados de material, volume e massas específicas das rações e componentes produzidas na empresa.....	55
Tabela 5 - Resultados do dimensionamento dos silos, transportadores e elevadores do projeto.	61
Tabela 6 - Características do misturador de pás do projeto obtidas do fornecedor.....	63
Tabela 7 - Características do moinho de martelos do projeto obtidas do fornecedor.	65
Tabela 8 - Características mecânicas da peletizadora idealizada para o projeto.	66
Tabela 9 - Características mecânicas do resfriador idealizado para o projeto.....	67
Tabela 10 - Dimensões físicas do resfriador modelo SCCR20 idealizado para o projeto.....	68
Tabela 11 - Valores considerados para o custo de investimento do projeto.....	87
Tabela 12 – Despesa média mensal considerada no custo de produção da ração.	88
Tabela 13 - Parâmetros e resultados obtidos na análise financeira do processo.	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fatores de K_1 para transportadores de corrente Série 1300.	39
Quadro 2 - Características dos materiais transportados.....	40
Quadro 3 - Tamanho de caixa por tamanho do material para transportadores série 1300.	40
Quadro 4- Correntes para transportadores Série 1300.....	41
Quadro 5 - Correntes para transportadores Série 1000.....	42
Quadro 6 – Tipos de elevadores de canecas e velocidades recomendadas.	43
Quadro 7 – Seleção de modelos de elevadores de canecas de acordo com as capacidades.	43
Quadro 8 - Dimensões gerais dos elevadores.....	44
Quadro 9 - Características dos principais componentes do elevador de canecas.....	44
Quadro 10 - Valores de K para 180° de abraçamento.	45
Quadro 11 - Identificação dos equipamentos do processo de fabricação da ração.	71
Quadro 12 - Identificação de TAGs e válvulas envolvidas no processo de fabricação.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINPET - Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação

BPFs - Boas Práticas de Fabricação

DMG - Diâmetro Geométrico Médio

FOAs - Farinhas de Origem Animal

IEC - *International Electrotechnical Commission*

ISEF - Indicador da Saúde Econômico-Financeira das Empresas

ISO - *International Organization for Standardization*

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

PCC - Ponto Crítico de Controle

P&ID - *Piping and Instrumentation Diagram*

PIB - Produto Interno Bruto

r - Raio

R - Raio maior do tambor

H - Altura/elevação

V_{cilindro} - Volume do cilindro

V_{cone} - Volume do cone

V_{tambor} - Volume do tambor

C - Capacidade

D - Diâmetro

ρ_{pa} - Densidade aparente do produto

N - Número de rotações

Q - Vazão Volumétrica

P - Potência

L - Comprimento

F - Fator de Potência

v - Velocidade linear

n - Número de canecas por metro de correia

q - Capacidade de cada caneca

Fa - Fator de segurança

C_{kWh} - Custo do kWh médio nacional

t - Tempo de operação

DOP - Dias de operação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivo geral.....	13
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
1.2 Justificativa	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 A indústria e o mercado de rações	15
2.2 A matéria-prima e suas características	17
2.3 Equipamentos utilizados na indústria	19
2.3.1 Moega e silo de armazenagem	20
2.3.2 Moinho.....	23
2.3.3 Misturador	25
2.3.4 Peletizadora, resfriador e envase	28
2.4 <i>Piping and instrumentation diagram (P&ID)</i>	30
2.5 Análise financeira	31
3 METODOLOGIA.....	33
3.1 Características e dados para o projeto	34
3.2 Equipamentos e dados de seleção.....	36
3.2.1 Análise dos tempos de processo e por etapas	36
3.2.2 Análise dos silos, transportadores e elevadores	37
3.2.3 Análise do misturador	46
3.2.4 Análise do moinho	47
3.2.5 Análise da peletizadora, resfriador e do envase	48
3.3 Dados relevantes para desenvolvimento do <i>P&ID</i>	50
3.4 Dados pertinentes à análise financeira	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1 Definição e caracterização dos equipamentos.....	52
4.1.1 Determinação dos tempos de processo e por etapas.....	52
4.1.2 Dimensionamento dos silos, transportadores e elevadores.....	54
4.1.3 Especificações do misturador horizontal de pás.....	62
4.1.4 Especificações do moinho de martelos.....	63
4.1.5 Especificações da peletizadora e do resfriador	65
4.1.6 Especificações da envasadora	69
4.2 <i>Piping and Instrumentation Diagram (P&ID)</i> e lógica de controle do processo	70

4.2.1 Lógica de controle das unidades de armazenamento de macro componentes e balança.....	74
4.2.1.1 Falhas e alarmes nos silos de armazenamento e balança.....	77
4.2.2 Lógica de controle das unidades de armazenamento de micro nutrientes e suplementos	77
4.2.2.1 Falhas e alarmes nos silos de micro nutrientes e suplementos	80
4.2.3 Lógica de controle das unidades de moagem e mistura	80
4.2.3.1 Falhas e Alarmes na moagem e mistura.....	83
4.2.4 Lógica de controle das unidades de peletização, resfriamento e envase	83
4.2.4.1 Falhas e Alarmes na peletização, resfriamento e envase	86
4.3 Análise financeira	87
5 CONCLUSÃO.....	91
REFERÊNCIAS	93

1 INTRODUÇÃO

O mercado de nutrição animal se faz presente desde os primórdios da domesticação e criação de animais, seja de estimação ou para produção de leite, carne, couro, entre outros. Contudo, diferente das metodologias primordiais desse sistema econômico, a fabricação de alimentos para tais animais passou por diversas modificações com o desenvolvimento humano e tecnológico (FRANÇA et al., 2011).

Frente a estudos como o de Ferguson (2020), pôde-se perceber que o trato animal baseado em restos de alimentos humanos, por mais que tenha um volume descartado globalmente que possa atender uma grande demanda, não é o mais adequado para suprir toda a carga nutricional e mineralógica necessária para o organismo desses animais. Dessa forma, separou-se parte do mercado agrícola para destinar-se à produção de rações animais que pudessem ser bem desenvolvidas e passarem por cuidados modernos para atender as características de cada animal, podendo gerar um produto refinado, de grande qualidade e que levasse a resultados mais satisfatórios (BLACK, 2017).

Uma vez que os cuidados e processos no desenvolvimento desses materiais foram otimizados e modernizados com o desenvolvimento tecnológico, tornou-se possível introduzir novas matérias-primas ao trato animal. Estudos quanto a adição de novos cereais, oleaginosas, minerais e outros componentes foram fundamentais para encontrar formas de suprir alguns macros e micro nutrientes que estavam subdosados em outras rações. Além disso, estudos de processos necessários para aumentar a qualidade do produto, tais como uma moagem eficaz para tornar acessível os nutrientes e facilitar sua absorção, uma mistura adequada para garantir homogeneidade em todo material e uma extrusão e envase bem dimensionados para garantir

uma estabilidade e aumentar a vida útil da ração foram pontos chaves no desenvolvimento do setor (BASEGIO, 2015).

O mercado de rações brasileiro segue em crescimento ao longos dos anos, conforme estudos de Toso e Morabito (2005) e do Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2018), conseguindo suprir e diversificar a demanda de rações do mercado nacional e internacional e oferecer produtos para as mais diversas e específicas raças de animais e finalidades. Ainda que o crescimento do setor tenha sido maior no estudo de Toso e Morabito (2005) (7,17% em 2002) em comparação com o estudo de Sindirações (2018) (2,49% entre 2016 e 2017), este segue em elevação, colaborando e justificando o motivo pelo qual o mercado de nutrição animal é um dos nichos mais importantes do sistema agrícola, influenciando de forma significativa no desenvolvimento e na economia do país e atraindo a atenção de muitos novos investidores e empresários.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver o projeto de uma indústria de ração animal baseada no processamento de cereais, realizando os cálculos de dimensionamento e seleção de todos os equipamentos envolvidos no processo, além de um *P&ID* com a descrição do sistema de controle e uma análise financeira do projeto.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver o projeto de uma indústria de ração animal baseada em cereais localizada no Vale do Taquari - RS.

1.1.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos lista-se:

- Avaliar o volume de produção diária e realizar os cálculos de dimensionamento dos equipamentos pré-fabrica (silos, transportadores e elevadores),

- Selecionar os modelos mais adequados de moinho, misturador e peletizadora, conforme dados de produção e operacionais;
- Definir o processo de envase, visando adequar o processo a todos os modos de venda do produto;
- Desenvolver um *P&ID* do projeto, com a descrição do sistema de controle e automação;
- Analisar os custos dos equipamentos, de operação da planta e tempo de retorno do investimento.

1.2 Justificativa

O mercado de nutrição animal no Brasil é muito dinâmico e diversificado dentro do setor agrícola. Seja para a obtenção de rações com base em farinhas de origem animal (FOAs) ou grãos, o trato animal se faz muito importante para o desenvolvimento da economia e do abastecimento de alimentos para a população (ABRA, 2013; COFFEY et al., 2015). Contudo, devido à normas de segurança alimentar e para evitar a contaminação de cabeças de gado no campo de engorda, a produção de rações para ruminantes com base em grãos deve ser totalmente isolada da linha de produção de FOAs. Segundo o MAPA (2008) e a Instrução Normativa nº 17 (2008), essa medida deve ser mantida para evitar a Encefalopatia Espongiforme Bovina (“doença da vaca louca”).

Frente a isso, o trabalho justifica-se devido à uma solicitação da empresa Nutritec Suplementos de Nutrição Animal Ltda., localizada no município de Lajeado/RS para atender um mercado com grande potencial lucrativo, grande demanda e alta capacidade de diversificação, tanto municipal quanto nacional. Como a empresa atualmente trabalha com nutrição animal baseada em FOAs e apresenta interesse em implementar um novo processo de produção isolado da planta atual, onde serão fabricadas rações à base de grãos, o presente documento tem o intuito de projetar uma indústria funcional que atenda esta necessidade, podendo ser aproveitada após aprovação do projeto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A indústria e o mercado de rações

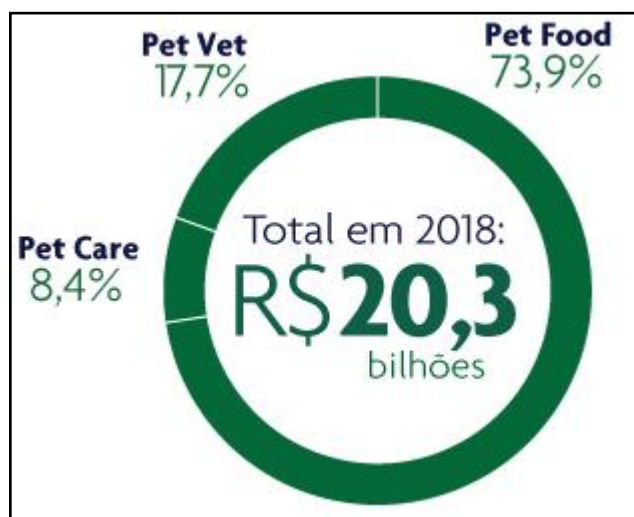
Não sabe-se ao certo quando se deu início ao sistema de alimentação animal, uma vez que este tenha começado antes do desenvolvimento da escrita, contudo, acredita-se que foi por volta de 12 mil anos atrás, na época dos assentamentos humanos próximos à região do crescente fértil, local que engloba territórios ao norte do Egito até o Golfo Pérsico (COFFEY et al., 2015). Neste período, com o aumento da população humana em um único lugar, o cultivo de alimentos e a criação de animais se tornou necessária, levando à novos processos de plantio e engorda de animais.

Ainda que as primeiras fontes de nutrientes para animais de abate tenham vindo de restos de alimentos humanos, o crescimento, desenvolvimento e composição de cada animal podem ser influenciados por uma série de características (FERGUSON, 2020). É cientificamente conhecido que a quantidade de nutrientes requerida pra tal desenvolvimento é influenciada por fatores como clima, espécie, gênero, peso, entre muitos outros, o que torna necessário a obtenção de uma ração de qualidade constante que obedeça às demandas nutricionais de cada animal. Tal desafio pode ser superado frente à intervenção de indústrias de ração animal de alta qualidade e controle de processos (BLACK, 2017).

Conforme Coffey et al. (2015), a produção de ração para comércio começou por volta de 1960 no Brasil, seguindo os modelos americano e europeu e introduzindo os primeiros produtos à base de farelo de milho, trigo e cevada. Com o avanço da tecnologia e o aumento da demanda de rações a indústria brasileira desse ramo cresceu consideravelmente, tornando o país o segundo maior produtor de ração para animais de estimação (pet) em 2005.

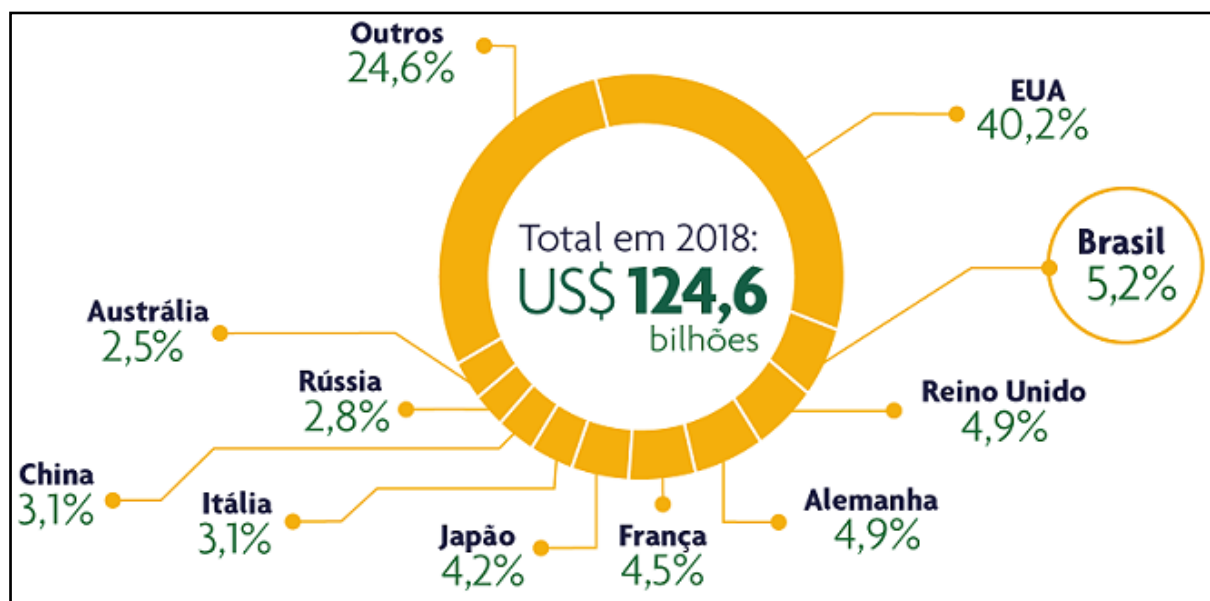
De acordo com Lirio, Rigatti e Vargas (2018), bem como com dados da ABINPET (2017), a indústria “pet” brasileira foi responsável por um faturamento superior a R\$ 18 bilhões em 2016, o que representou um aumento de quase 5% comparado ao ano anterior, e mais de R\$ 20 bilhões em 2018. As Figuras 1 e 2 representam, respectivamente, o faturamento do mercado “pet” no Brasil e a participação do país no faturamento mundial em 2018.

Figura 1 - Faturamento do mercado “pet” brasileiro em 2018.



Fonte: Adaptado de ABINPET (2017).

Figura 2 – Participação do Brasil no mercado “pet” mundial em 2018.



Fonte: Adaptado de ABINPET (2017).

Conforme Oliveira, Furini e Nichel (2019), esses dados aliados ao vasto território nacional, com grande diversidades de solos e climas, bem como a abundância de corpos hídricos

para irrigação e com uma economia ainda muito apoiada no setor de agricultura e agropecuária, faz com que o país ocupe a terceira posição entre os maiores países produtores de ração animal.

Segundo Amorim, Coronel e Teixeira (2009), o setor agroindustrial é de suma importância no cenário financeiro nacional, o que corrobora com o pensamento de que um desenvolvimento rural e agrícola, estrategicamente apoiados, podem levar à um desenvolvimento global positivo. A indústria agropecuária nacional representa uma porção considerável na economia e influencia fortemente no Produto Interno Bruto (PIB), representando cerca de 6,5% em 2013 e gerando muitos empregos em toda a cadeia produtiva interligada (AUGUSTO; ALEM; TOSO, 2016).

Além disso, de acordo com Toso e Morabito (2005), em 2002 o mercado de nutrição animal cresceu cerca de 7,17% comparado aos anos anteriores, o que mostra grandes investimentos no setor. Contudo, segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (Sindirações), entre 2013 e 2018 o país registrou um crescimento médio de 2,49%, devido principalmente ao aumento do consumo de carne em países emergentes, variando de acordo com cada segmento (bovino, suíno, avícola, entre outros).

Ainda que houve certa retração no crescimento deste mercado (7,17% para 2,49%), pode-se perceber que houveram desenvolvimentos de novas tecnologias e processos que permitiram obter avanços durante a crise mundial do setor ocorrida nesse período. Todos esses fatores agregados sustentam a grande importância das indústrias de ração no mercado brasileiro, as quais continuam a crescer anualmente e abrangem cada vez mais uma variedade maior de animais, produtos e valores (SINDIRAÇÕES, 2018).

2.2 A matéria-prima e suas características

Devido as condições primitivas do surgimento da criação de animais em cativeiro, as fontes de alimentos para tratá-los sofreram grandes modificações ao longo dos anos (COFFEY et al., 2015). Não muito diferente daquela época, hoje ainda há lugares, geralmente fazendas e criadores de pequeno porte, onde a alimentação dos animais são a base de restos de alimentos humanos (CRAWSHAW, 2009). Contudo, a alimentação dos animais representa a maior despesa em sistemas agrícolas, logo, a cobrança sobre a qualidade do material utilizado e

produzido é muito alta para gerar retorno ao agricultor, reduzir custos e beneficiar os animais (BARMORE, 2002).

Segundo o estudo de Ferguson (2020), quase 10 bilhões de toneladas de alimentos foram produzidos entre 2011 e 2013 ao redor do mundo. Dentre estes alimentos, 50% são disponibilizados para consumo humano, e desse valor cerca de 1,5 bilhões de toneladas são rejeitadas, sendo que mais de 80% são descartados em condições ainda comestíveis. Esses alimentos, se não forem reutilizados (por exemplo, no consumo animal), podem contaminar solos e mananciais devido ao elevado teor de carga orgânica, nitrogênio e potássio.

Contudo, ainda que sejam alimentos de boa qualidade e que possam ser ministrados como ração, uma composição com nutrientes balanceados se faz necessária para garantir a saúde do animal, e consequentemente a saúde do consumidor final, neste caso a população (LAWRENCE, 2017; SAPKOTA et al., 2007; HARTOG, 2003). Visando o bom desenvolvimento dos animais e o bem estar do ser humano, a alimentação animal passou por diversos processos de aprimoramento e desenvolvimento dentro das indústrias de ração, desde a utilização primária de grãos puros até o desenvolvimento de produtos mais balanceados como o premix, uma mistura de minerais e vitaminas essenciais ao desempenho produtivo e reprodutivo dos animais, criado em 1980 (COFFEY et al., 2015; DOOYUM et al., 2018).

Ainda que sejam utilizados muitos processos industriais na produção de rações para maximizar a carga nutricional dos produtos, a qualidade da matéria-prima, nesse caso dos grãos, é de grande importância para facilitar o processo e reduzir custos. Contudo, devido ao fator custo, variáveis muito avaliadas na produção das rações são a quantidade e disponibilidade do material na região onde se encontra a empresa, fatores que por muitas vezes se tornam prioritários (EASTRIDGE; FIRKINS, 2019; CRAWSHAW, 2009).

Não excluindo a carga nutricional e a qualidade da matéria-prima, percebe-se certo favoritismo na utilização de alguns materiais, sendo estas fontes comuns e baratas de proteína, amido, carboidratos em geral e gorduras. Conforme exposto na Tabela 1, adaptada dos estudos de Ferguson (2020), pode-se perceber que a utilização arroz, trigo e milho é muito comum para a fabricação de ração ao redor do mundo.

Tabela 1 - Utilização de produtos agrícolas para alimentação animal no ano de 2011.

MATERIAL	Produção mundial (tonelada métrica)	Utilização em ração (tonelada métrica)	% da ração
Todos os cereais	2.345.593	818.837	100
Milho	886.101	485.155	59,2
Arroz	481.177	32.838	4,0
Trigo	699.350	142.039	17,3
Outros	25.494	18.236	2,2

Fonte: Adaptado de Ferguson (2020, p. 4).

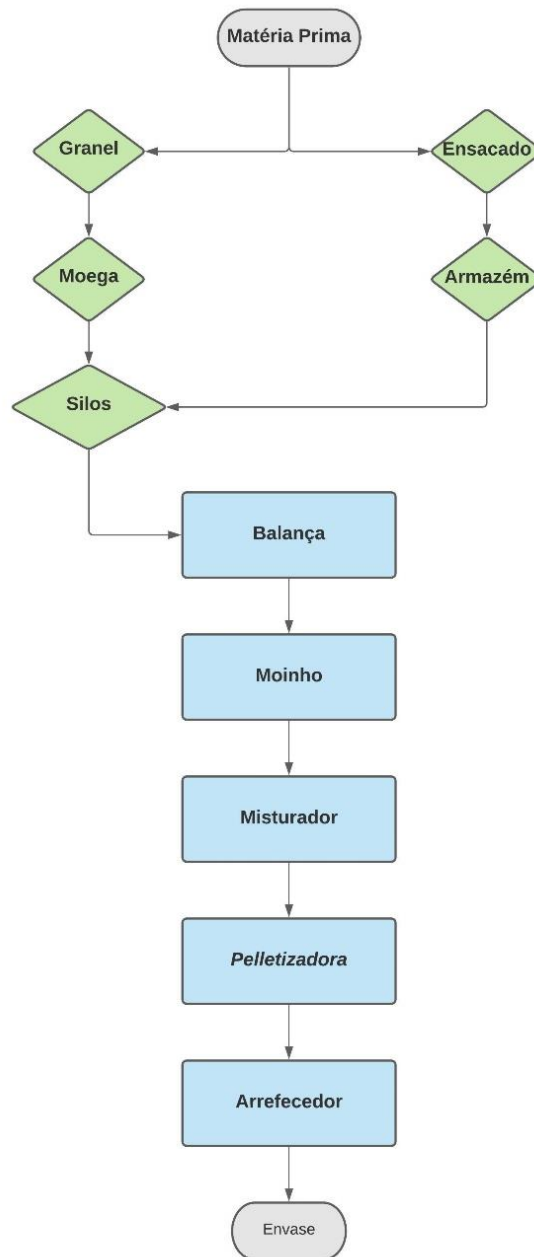
2.3 Equipamentos utilizados na indústria

Uma indústria de ração, assim como qualquer outra indústria, é planejada para atender uma demanda ou produção pré-estabelecida. Partindo-se dessa definição, o dimensionamento dos equipamentos e de todos os processos envolvidos são definidos e a indústria é instalada. Ainda que esta possa ser expandida, a linha de operação de uma indústria de ração animal segue um padrão, com uma quantidade de equipamentos mínimos necessários para a produção (LIRIO; RIGATTI; VARGAS, 2018; TEIXEIRA et al., 2005).

No caso de rações à base de cereais, de forma geral, o processo industrial de produção segue uma sequência de etapas. Inicialmente parte-se da obtenção ou compra da matéria-prima (grãos de cereais), os quais são levados até a fábrica, majoritariamente, a granel. O material é dispensado em uma moega (tanque de recebimento), a qual está conectada via elevadores e transportadores de correntes que levam o produto até os silos de armazenagem. De lá os grãos são levados para o moinho, onde são moídos para facilitar a etapa seguinte, de mistura. Depois de misturado o material é encaminhado para uma peletizadora ou extrusora para adquirir a forma desejada, sendo então resfriado e envasado (FUCILLINI; VEIGA, 2014).

O esquema de operação desse tipo de indústria está disposto na Figura 3, que traz um fluxograma dos processos pertinentes, sua sequência e possíveis transições dentro da produção de rações.

Figura 3 – Fluxograma das etapas envolvidas em uma indústria de ração animal.



Fonte: Adaptado de Lirio, Rigatti e Vargas (2018).

2.3.1 Moega e silo de armazenagem

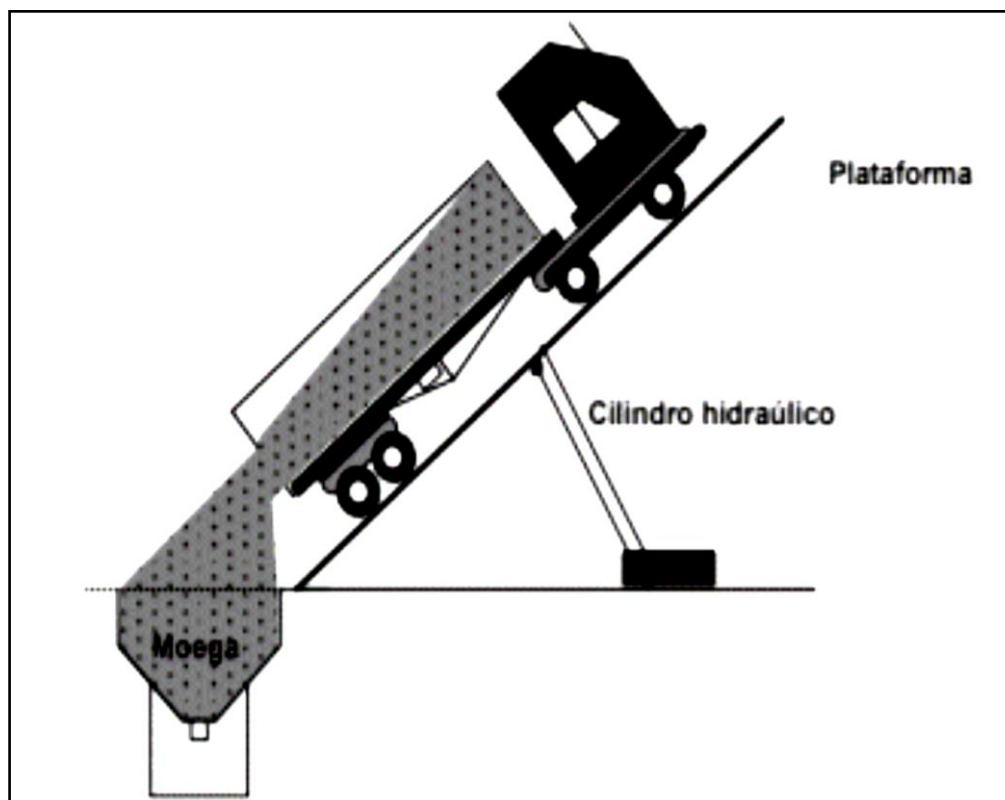
O processo de fabricação de uma indústria de rações começa na etapa de recebimento e descarga do material, sendo o equipamento fundamental dessa etapa a moega. Este é o ponto de entrada da matéria-prima na fábrica, sendo o primeiro contato com o material e um local onde pouca ou nenhuma atuação humana é necessária, havendo condições para manter ou

aprimorar a qualidade do material através de processos de separação e limpeza dos grãos (FUCILLINI; VEIGA, 2014).

Segundo Silva (2010), as moegas são equipamentos direcionados para materiais a granel, sendo os materiais ensacados e afins descarregados por empilhadeiras e guardados em armazéns. Conforme seu estudo, a capacidade e a quantidade de moegas em uma indústria levam em consideração fatores como os tipos de matérias-primas, tempo de retenção do grão, tempo de funcionamento do setor de recebimento, entre outros.

De acordo com Marostega (2017), as moegas são estruturas de concreto ou metálicas em formato tronco-piramidal para recebimento de grãos. Esses equipamentos podem ser divididos em 3 grupos principais, as moegas rodoviárias ou ferroviárias, sobre aterro ou enterradas e excêntrica ou concêntrica. As moegas rodoviárias ou ferroviárias são aquelas onde o veículo transportando o material se posiciona sobre a abertura da moega para o descarregamento direto. Para facilitar a descarga dos grãos pode ser acoplado um sistema de tombador hidráulico, como exemplificado na Figura 4, para inclinar o caminhão de 40 a 45°, levando cerca de 5 minutos para o descarregamento (SILVA, 2010).

Figura 4 – Sistema de tombador hidráulico aplicado em moegas rodoviárias.



As moegas sobre aterro são estruturas tronco-piramidal grandes e pesadas construídas sobre o solo. Neste tipo de sistema há a necessidade de construir muitos apoios para sustentação, mas apresentam a vantagem de não necessitar drenagem nem escavar o solo. Já as estruturas enterradas são mais leves pois usam o solo com fonte de estrutura, contudo necessitam de sistemas de drenagem, impermeabilização e requerem mais mão de obra. Por fim, as moegas concêntricas são aquelas onde o centro de gravidade do material descarregado alinha-se com o centro do bocal da moega. Caso não haja esse alinhamento tem-se um equipamento excêntrico.

Depois de entrar no processo através da moega, a matéria-prima é direcionada para os silos de armazenagem. Esses silos estão em diversas partes do processo e são responsáveis pelo armazenamento e proteção do material contra animais e microrganismos, bem como efeitos físicos e químicos do ambiente e temperatura e umidade do produto, visando evitar a queima do material e reduzir ao máximo sua atividade de água. A principal atuação dos silos é servir para o armazenamento da matéria-prima, do produto após moagem e da ração finalizada antes do envase e expedição (FUCILLINI; VEIGA, 2014; SANTURIO, 2000).

Segundo Klein (1999), alguns pontos de controle são avaliados nos silos de armazenagem, dentre os quais podem-se citar:

- i) As unidades de armazenamento devem estar presentes em quantidade e capacidades suficientes para atender a demanda da empresa;
- ii) Temperatura e aeração devem estar presentes e devem ser controladas, preferencialmente, automaticamente;
- iii) Recomenda-se instalar uma mini estação meteorológica próxima à unidade para permitir o desenvolvimento e utilização de uma carta psicométrica;
- iv) Deve ser possível avaliar os parâmetros dos silos, como fluxo, posição do carrinho, entre outros.

Com o emprego de todos esses pontos é possível evitar ao máximo perda de material e proliferação de animais e microrganismos. Ainda que a estocagem seja um ponto crítico de controle (PCC), sua manutenção preventiva, planejamento de produção adequado, equipamentos de suporte suficientes e boas práticas de fabricação (BPFs) torna o processo de fabricação mais rápido e eficiente, aumentando a produtividade e o lucro (FERREIRA, 2014; FUCILLINI; VEIGA, 2014; BEUS, 2017; KLEIN, 1999).

2.3.2 Moinho

O processo de moagem é encontrado em diversos setores do mercado de alimentos, seja este de alimentação humana ou animal (CARREÑO et al., 2008). Sua utilização se faz muito necessária para diversos fins, seja para a simples redução do material até granulometrias de melhor manuseio ou visando facilitar a absorção dos nutrientes devido ao aumento da área reacional (MATOS, 2015; RIBEIRO; ABRANTES, 2001).

Segundo Yu, Womac e Pordesimo (2003) e Klein (1999) a moagem do material facilita também processos anteriores, como a secagem, e posteriores, como a mistura e peletização. Uma granulometria reduzida pode diminuir significativamente a energia consumida para realizar a secagem do material nos silos de armazenamento, uma vez que as trocas térmicas e mássicas são otimizadas. Além disso, a mistura do material torna-se mais eficaz em partículas uniformes, aumentando assim a qualidade do produto, enquanto que a peletização é facilitada devido ao aumento da área reacional, permitindo maior reação com o vapor.

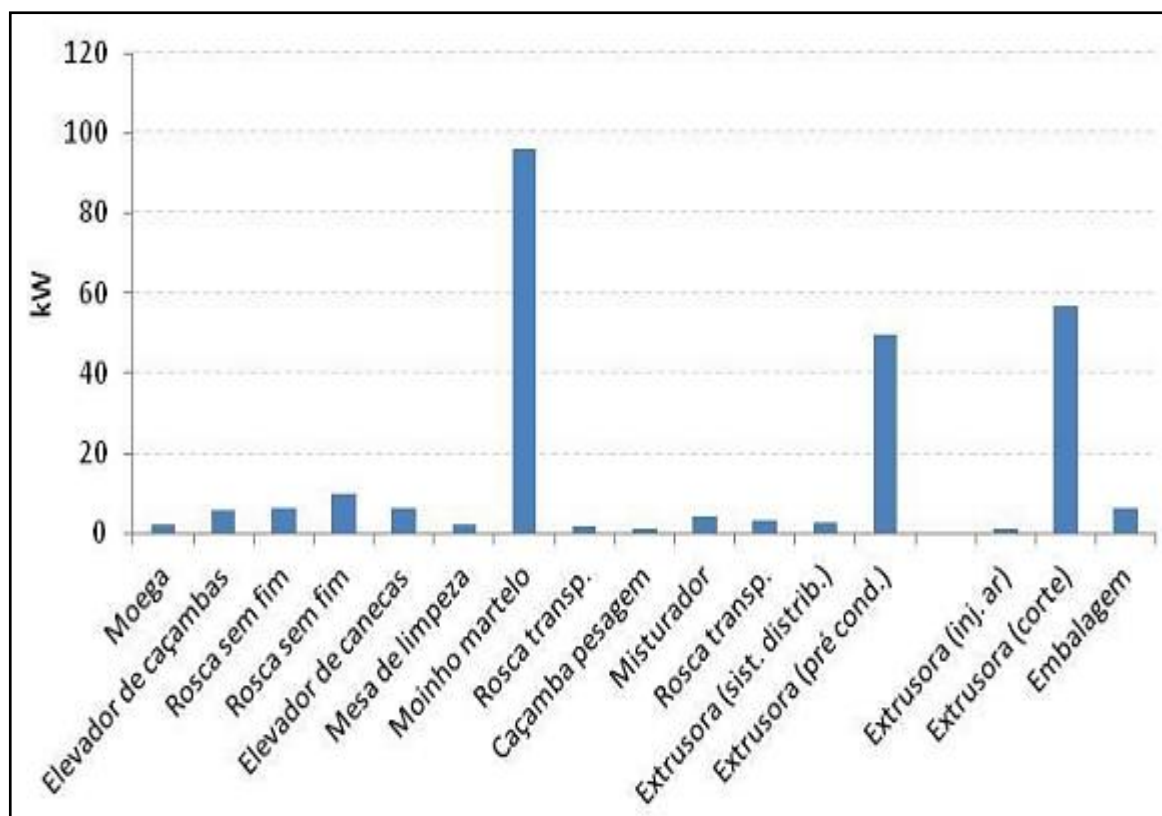
Contudo, ainda que uma menor granulometria facilite a reação entre a ração e o suco gástrico dos animais, e conseqüentemente aumente a absorção de nutrientes, o processo de moagem demanda uma quantidade significativa de energia, aumentando o custo de operação e reduzindo a taxa de produção (toneladas/hora), conforme a granulometria desejada (BELLAYER; NONES, 2000).

Devido ao elevado consumo, o qual representa o segundo lugar dentro da indústria (atrás apenas da peletização), o processo se torna um dos gargalos de produção e prejudica o andamento da fábrica, podendo ser alvo de diversos estudos energéticos, otimizações de processo/movimentação de fábrica e reestruturação de maquinários complementares que reduzem a utilização bruta do equipamento (DAHLKE et al., 2001).

Mesmo que o consumo energético seja elevado, as características do processo, matéria-prima, tempo e capacidade de operação, entre outros pontos, influenciam na escolha do moinho ideal para a indústria. Uma vez que tais parâmetros sejam estudados e otimizados para cada aplicação, obtém-se uma redução desse consumo e maximização da eficiência de operação como um todo. Além disso, em uma empresa onde não há processo de extrusão ou peletização o consumo energético é reduzido espontaneamente (TADINI et al., 2015).

A Figura 5 mostra os resultados de consumo energético encontrados em estudo de Lirio, Rigatti e Vargas (2018).

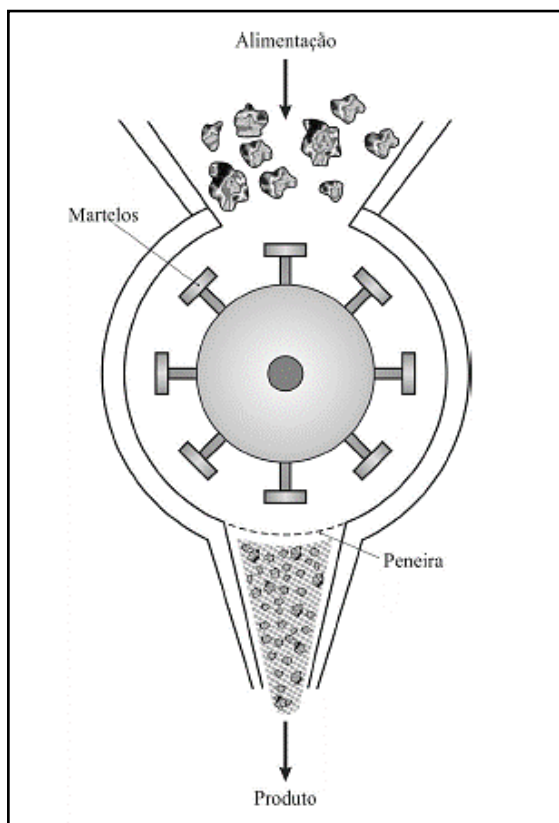
Figura 5 – Consumo energético anual por equipamento em uma indústria de ração animal com produção de 6 ton/h.



Fonte: Lirio, Rigatti e Vargas (2018, p.33).

Devido sua versatilidade para trabalhar com diversos materiais, sua facilidade de operação e manutenção, bem como seu custo benefício atraente, o moinho de martelos tem a liderança absoluta nas indústrias de ração (FUCILLINI; VEIGA, 2014). Dada a granulometria desuniforme e relativamente grande das matérias-primas, esse tipo de equipamento é interessante devido sua capacidade de reduzir significativa o material para valores de até 600 μm e obter um produto com granulometria mais uniforme devido a utilização de peneiras diversas e personalizadas (POZZA et al., 2005). A Figura 6 exemplifica um modelo de moinho de martelos.

Figura 6 – Esquema de funcionamento de um moinho de martelos.



Fonte: Tadini et al. (2015, p. 305).

Segundo Gomide (1983), esse moinho se classifica como um britador secundário que opera principalmente sobre forças de impacto. Funciona com um rotor central preenchido por diversas placas finas de metal (martelos), que giram sobre este eixo e são facilmente trocados quando danificados. Outro fator positivo a este tipo de aparelho são suas faixas de velocidade, as quais variam de 500 a 1800 rpm e interferem diretamente na granulometria final do produto.

Conforme Tadini et al. (2015), o equipamento pode ser utilizado para uma gama muito grande de materiais, de pegajosos e fibrosos até duros e abrasivos, o que reafirma sua utilização na área de rações. Seu funcionamento pode ocorrer com uma única passagem pelo rotor e com saída livre, ou com a utilização de uma peneira com diâmetro desejado e recirculação pelos martelos.

2.3.3 Misturador

Uma das etapas mais importantes no processo de produção de rações é a etapa de pesagem/dosagem e posterior mistura, onde os macros ingredientes (grãos) são misturados com

os micro nutrientes (minerais, aminoácidos, antibióticos, entre outros) (BELLAYER; NONES, 2000).

Os misturadores são equipamentos relativamente simples, mas que são essenciais para o aumento da qualidade das rações e consequentemente da eficiência no trato e engorda de animais, sendo a etapa do processo em que se garante que toda ração possa proporcionar ao animal uma quantidade homogênea de todos os micro e macro nutrientes e componentes da ração. Uma mistura ineficaz pode levar a problemas econômicos, mal desenvolvimentos dos animais, inconvenientes por super ou subdosagem dos materiais envolvidos, entre outros (ANJOS; ALVES, 2019; SCHINGOETHE, 2017; MARCHESINI et al., 2020).

Primeiramente ocorre a pesagem, onde o médico veterinário define os nutrientes necessários para a ração, cada componente é então pesado separadamente e misturado. Em seguida o material pode ser encaminhado para a extrusão ou peletização ou diretamente para a seção de envase/carregamento, dependendo do tipo de ração e seu grau de processamento (FUCILLINI; VEIGA, 2014).

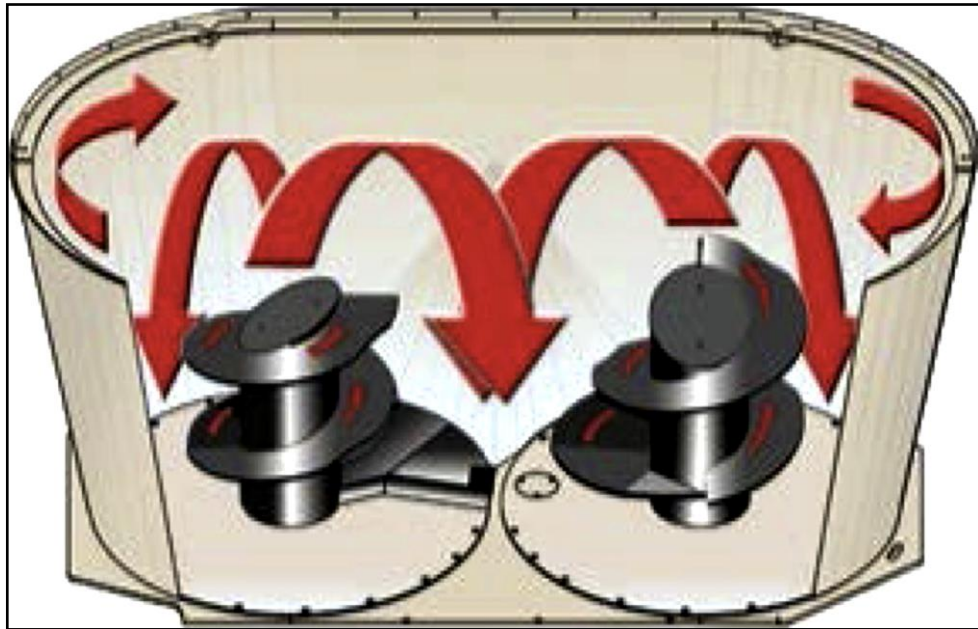
De nada adiantaria utilizar equipamentos de última geração, usar *softwares* avançados de formulação e planejamento e tentar otimizar ao máximo todos os equipamentos da linha de fabricação se ao preparar o produto não se tenha uma massa homogênea, onde todos os ingredientes e nutrientes estejam distribuídos uniformemente (BELLAYER; NONES, 2000; LINDLEY, 1991). Para atingir tal uniformidade é necessário empregar misturadores eficientes e respeitar suas características, limitações e peculiaridades (GODOI; DETTMANN, 2007).

Para realizar o processo de mistura nesse tipo de fábrica pode-se contar com dois grupos principais de misturadores, os misturadores horizontais e os verticais (GODOI; DETTMANN, 2017; FUCILLINI; VEIGA, 2014; TEIXEIRA et al., 2012). Os principais parâmetros de avaliação e controle desse processo são o tempo da mistura, projeto do equipamento, limpeza entre misturas, características físicas do material, entre outros (GODOI; DETTMANN, 2017).

Os misturadores verticais são os modelos mais simples e de maior capacidade de operação, contudo, apresentam uma eficiência reduzida. O processo de mistura ocorre através de uma rosca sem fim que arrasta o material do fundo do equipamento até a parte superior, fazendo a mistura durante o movimento. O tempo ideal de operação para este tipo de processo é de 12 a 15 minutos, contudo esse tipo de aparelho não é adequado para a adição de líquidos

como gorduras (FUCILLINI; VEIGA, 2014; LINDLEY, 1991; BARMORE, 2002). A Figura 7 exemplifica um modelo de misturador vertical.

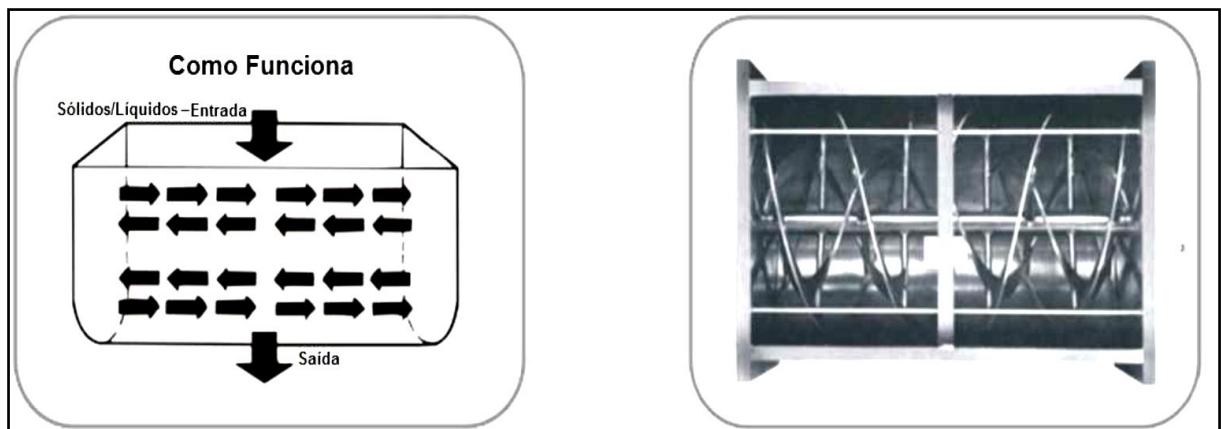
Figura 7 – Esquema de funcionamento de um misturador vertical.



Fonte: Oelberg e Stone (2014).

Já os misturadores horizontais são aqueles mais utilizados na indústria, apresentam uma melhor eficiência e são compostos por helicoides ou paletas, sendo seu maior representante os horizontais de dupla helicóide. O processo ocorre através das helicoides jogando o material para as extremidades e assim realizando a mistura. Esse é um processo muito mais rápido que o vertical e pode ser realizado em um tempo de 4 a 6 minutos (FUCILLINI; VEIGA, 2014; GODOI; DETTMANN, 2017; ANJOS; ALVES, 2019(18); LINDLEY, 1991). A Figura 8 exibe um exemplo de um misturador horizontal de dupla helicóide.

Figura 8 – Exemplo de operação de um misturador horizontal duplo helicoidal.



Fonte: Teixeira et al. (2012).

2.3.4 Peletizadora, resfriador e envase

A etapa de peletização é um processo empregado na produção da ração que visa o melhor desenvolvimento dos animais. Através dessa metodologia, pode-se reduzir a densidade do material, fazendo com que ocupe menos espaço e se torne mais fácil de transportar e armazenar, tenha melhor digestibilidade dos nutrientes, aumento da palatabilidade, reduza a rejeição do trato pelo animal, entre outras vantagens (BELLAYER; NONES, 2000; COSTA et al., 2008).

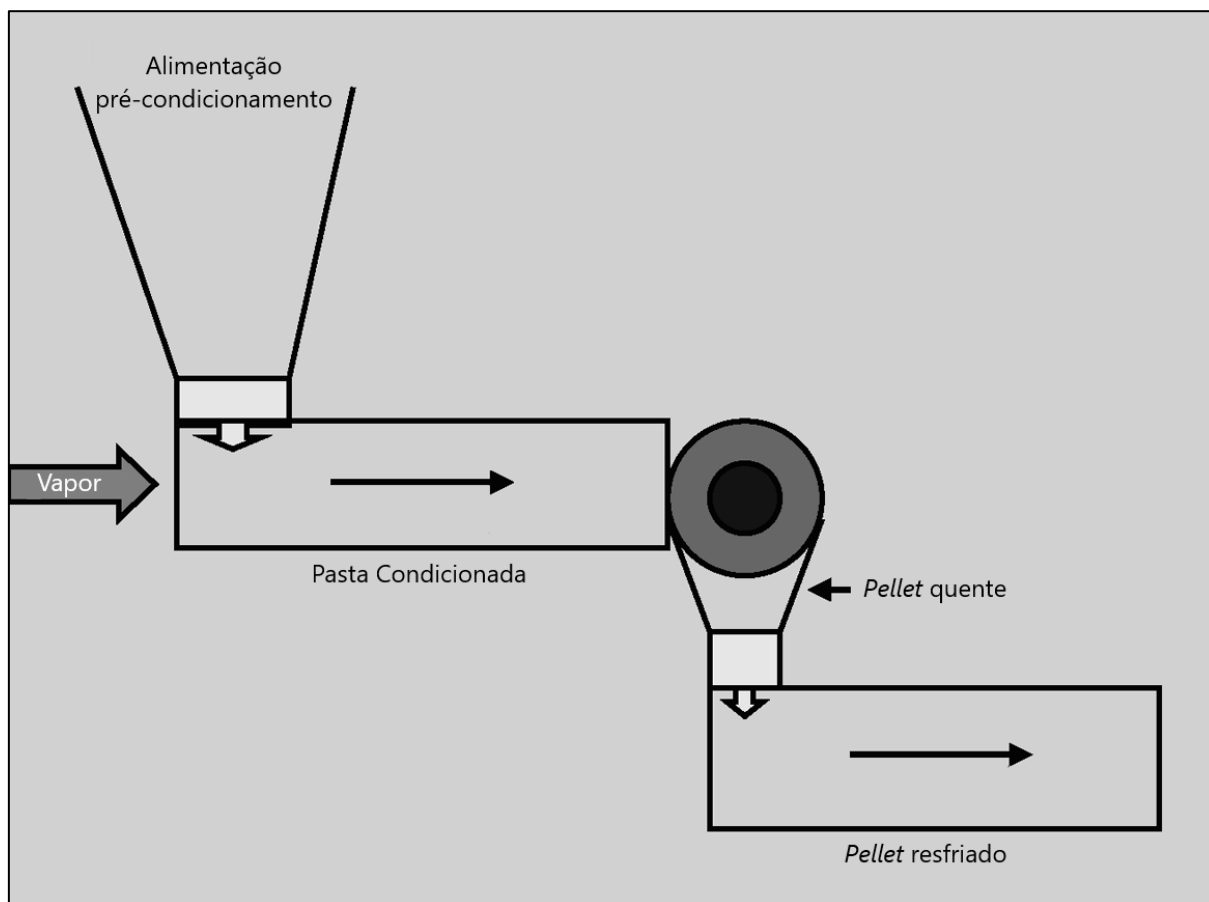
A operação acontece através do agrupamento das diversas partículas do material já moído através de processos físicos e mecânicos, onde emprega-se calor, umidade e pressão (MEURER et al., 2008). Este processo é dividido basicamente em duas etapas, o condicionamento e a formação dos *pellets* (THOMAS; ZUILICHEM; POEL, 1997).

A peletização é um processo semelhante ao processo de extrusão em algumas fases, principalmente na primeira etapa. Inicialmente o material é introduzido em um compartimento onde entra em contato com vapor de água, dessa forma, aumenta-se a umidade do produto, transformando-o em uma pasta e inicia-se o cozimento do produto. Nessa etapa, a quantidade e temperatura do vapor de água, a pressão e o tempo de retenção são fundamentais para a qualidade do material (THOMAS; ZUILICHEM; POEL, 1997).

Segundo Meurer et al. (2008), na etapa de condicionamento o vapor deve estar com temperatura em torno de 70 a 90 °C e uma umidade próxima à 18 %. Essas características são importantes para não danificar nem alterar demais as propriedades do material. Além disso, o tempo de retenção nessa etapa varia entre 9 segundo até 3 minutos, dependendo das características da matéria-prima e do produto desejado.

Na segunda etapa, a de formação do *pellet*, a massa é pressionada contra uma matriz perfurada, adquirindo a forma estampada e sendo cortada em comprimentos desejados através de um equipamento de corte automático. Nessa saída o material deixa o equipamento com temperatura em torno de 75 a 93 °C, aumento causado frente à fricção com o disco e pela atuação do vapor. Um esquema de uma peletizadora utilizada em fábricas de ração animal é exposto pela Figura 9.

Figura 9 - Esquema prático de uma peletizadora.

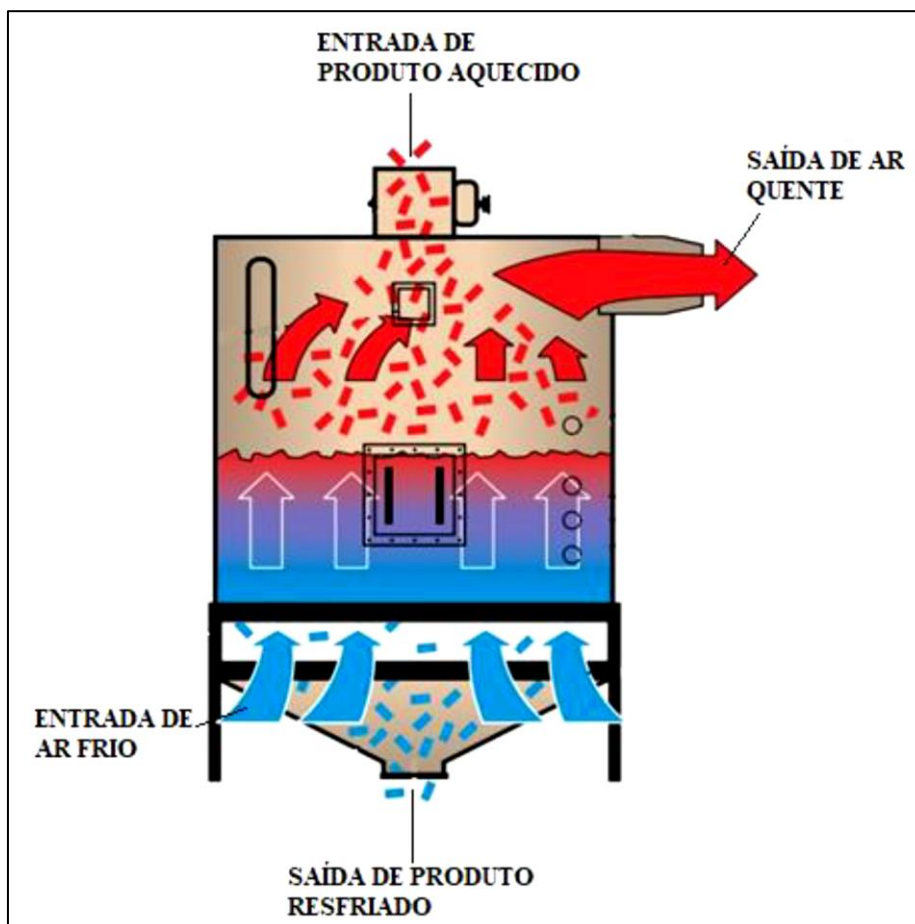


Fonte: Adaptado de Cutlip et al. (2008).

Após deixar a peletização, o material está muito quente e fragilizado. Um dos piores problemas em relação a sua temperatura de saída é a impossibilidade de armazenamento e/ou envase, uma vez que poderia causar condensação de água e levar à formação e proliferação de mofo e bactérias. Logo, uma etapa que visa reduzir a temperatura do material se faz necessária (BELLAVÉ; NONES, 2000).

Para realizar essa operação, o processo de peletização é acompanhado por um resfriador de fluxo vertical. Nesse equipamento os *pellets* são admitidos pela parte superior e caem por gravidade, nesse percurso uma corrente de ar é introduzido no sentido ascendente, trocando calor com o material e saindo pelo lado superior enquanto que o material deixa o equipamento com uma temperatura de 2 a 8 °C acima da temperatura ambiente (MEURER et al., 2008). Um esquema de um resfriador está exposto na Figura 10.

Figura 10 - Esquema de um secador de *pellets* para ração animal.



Fonte: Adaptado de Obernberger e Thek (2010).

Por fim, com o produto pronto e resfriado, este pode ser levado para silos de armazenamento e posteriormente para a área de envase ou diretamente para o envase. A ração pode ser comercializada basicamente de três formas, em sacarias, em *big bags* e a granel. Quando o material é ensacado ou armazenado em *big bags*, o processo deve ser feito em um recipiente propriamente preparado para o produto, com todos os dados expostos e visando a conservação máxima da ração. Já quando o material é vendido a granel este é despejado diretamente sob caminhões próprios para o transporte de ração que a levará para o consumidor (FUCILLINI; VEIGA, 2014; FERREIRA, 2014; BEUS, 2017).

2.4 Piping and instrumentation diagram (P&ID)

Cada indústria, dependendo do tipo de processo e produto produzido, necessita de uma série de maquinários e equipamentos específicos, sejam esses mais modernos e tecnológicos ou ainda mais rudimentares e manuais. Contudo, um fator que se mantém comum para todos esses

equipamentos é quanto aos sistemas de segurança que devem estar presentes e em funcionamento (ARROYO et al., 2016).

É importante que em toda indústria haja certa organização e conhecimento dos pontos importantes dos processos e dos equipamentos, sejam as válvulas de segurança, o tipo de equipamento, os equipamentos auxiliares instalados, sistemas de alarme, quem tem acesso e como os dados devem ser acessados, entre outros (FAY; SCHMIDBERGER; SCHERF, 2009; SCHLEBURG et al., 2013; YIM et al., 2006). Para isso, muitas empresas desenvolvem um diagrama que contém a posição e os dados pertinentes de toda a planta do processo com todos os pontos de interesse, sendo esse manual chamado de *Piping and Instrumentation Diagram ou P&ID* (SCHÜLLER; EPPLÉ, 2012; SINNOTT; TOWLER, 2020).

Segundo Sinnott e Towler (2020), para desenvolver um *P&ID* deve-se mostrar todos os equipamentos da planta indicando-os por um número, acrescentando um desenho básico e sinalizando a entrada da alimentação; todas as bombas devem ser indicadas pelo número da linha e indicar o material da bomba; todas as válvulas devem ser numeradas, indicando o tamanho e material e representando cada válvula com um símbolo adequado; e todos os outros equipamentos do processo devem estar numerados para identificar o maquinário e o setor onde se encontra.

Através de um *P&ID* é possível ter acesso e noção dos componentes de uma planta industrial caso seja necessário realizar alguma expansão, reforma, desvio ou planejamento, facilitando e acelerando o processo. Esse diagrama conta não apenas com um descritivo de cada instrumento, mas se torna uma planta visual desenhada e detalhada para facilitar o manuseio e a identificação de todo o processo (ARROYO et al., 2016).

O desenvolvimento de um *P&ID* segue alguns padrões para garantir sua eficiência e padronização. O tipo da planta de processo é baseado na ISO 10628 (1997), para as regras de ilustração das propriedades, das notações e dos objetos de referências se utilizam a ISO 15519 (2010), enquanto que as funções de engenharia para automação de tecnologias são fundamentadas pela IEC 62424 (2016).

2.5 Análise financeira

A análise financeira é comum em qualquer segmento comercial e é utilizado em muitas empresas de diversos ramos (GUPTA; HUEFNER, 1972). Ainda que muitos modelos contábeis

matemáticos possam ser empregados no desenvolvimento de análises e levantamentos financeiros, há análises realizadas com sistemas mais básicos, que visam apenas analisar o tempo de retorno de certo investimento, conhecido como *Payback* (CARMICHAEL; BALATBAT, 2008).

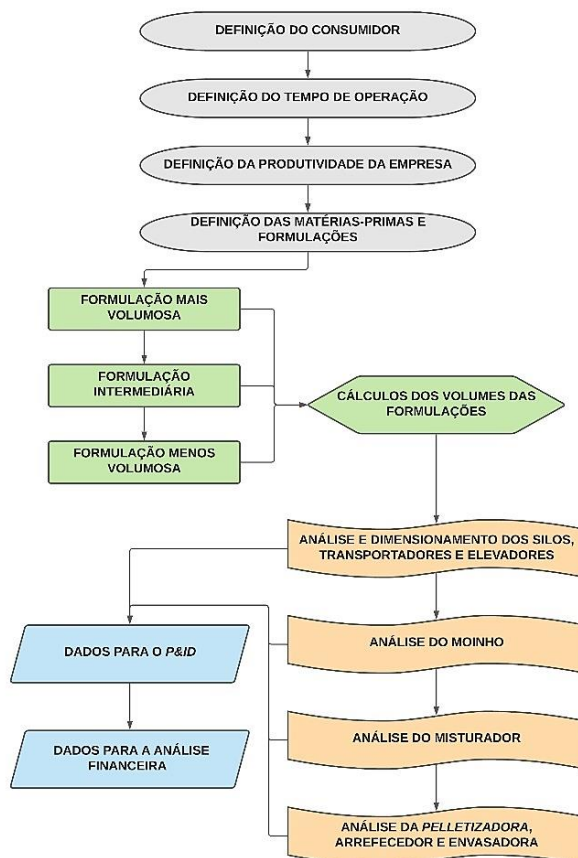
Em um âmbito industrial, esse tipo de levantamento financeiro busca checar e prever o equilíbrio entre a liquidez e rentabilidade, sendo um método Indicador da Saúde Econômico-Financeira das Empresas (ISEF) muito recorrente (BRAGA; NOSSA; MARQUES, 2004). Analisando todo o movimento ou ciclo financeiro de uma empresa, desde o investimento inicial, custos de operação, gastos com manutenção e equipamentos, sistemas de segurança, folha de pagamentos e lucro com a venda dos produtos, é possível calcular qual será o tempo necessário para que se tenha lucro, quais pontos podem ser investidos ou reduzidos, entre outros fatores (FILHO, 1998).

Ainda que pareça de menor importância, a análise financeira representa um dos pontos fundamentais de qualquer indústria, uma vez que caso seja menosprezada pode levar ao fechamento do negócio. Desta forma, a aplicação desse tipo de estudo bem como o desenvolvimento de um plano de negócio robusto, utilizando-se de todos os materiais, cálculos e métodos disponíveis, facilita e possibilita um funcionamento prolongado e facilitado da indústria (ANTONIK, 2004).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho visa o desenvolvimento de um projeto completo de uma indústria de ração animal, baseada em grãos de cereais e demais componentes minerológicos e nutricionais que constituem o produto. A Figura 11 apresenta um fluxograma das etapas envolvidas no desenvolvimento da metodologia e no planejamento do trabalho e da indústria.

Figura 11 - Fluxograma em organograma das etapas envolvidas no trabalho.



3.1 Características e dados para o projeto

Para definir alguns pontos pertinentes ao projeto, realizou-se algumas perguntas com a empresa em estudo. Tal levantamento abordou questões fundamentais para definir as diretrizes e dados principais envolvidos e que guiaram todo o projeto.

Entre os itens questionados, foram avaliados a produção diária, o consumidor final do produto (suíno, aves, pets ou ruminantes), tempos de operação da fábrica, característica do material recebido e vendido, entre outros. Alguns dos dados preliminares obtidos estão assim dispostos:

- Produção de rações para ruminantes de leite
- Tempo de operação da fábrica: 8 horas por dia
- Produção diária esperada: 120 toneladas
- Envase e recebimento de produtos/matérias-primas: sacarias, *big bag* e granel.

Ainda que todos estes dados sejam de grande importância para o projeto da indústria, o fator principal que norteou o andamento dos cálculos e dimensionamentos foi a definição da matéria-prima, suas densidades e suas proporções dentro das formulações, logo, a etapa de dosagem. Através desses dados foi possível definir a quantidade de material necessária para alimentar o processo a fim de chegar à produção estimada, e assim dimensionar o armazenamento necessário, o volume de material misturado e moído, a velocidade dos transportadores, entre outros.

Contudo, ainda que seja fundamental definir parâmetros como velocidade de produção e características da ração, muitas vezes o próprio cliente/requisitante não tem uma ideia clara de quais serão os produtos de sua demanda e formulações, necessitando assim do conhecimento e previsão do engenheiro para dimensionar o processo a fim de atender à ideia básica do cliente, permitindo ainda expansão ou diversificação de matérias-primas futuras.

Dessa forma, em concordância com a empresa em estudo, definiu-se que o foco do projeto seria a produção de rações para gado de leite e que a matéria-prima utilizada para tais animais seria baseada em cereais como milho, sorgo, farelo de soja, farelo de trigo, além de

outros componentes como sal mineral, sal comum, uréia e fosfato bicálcico. Na Tabela 2 são mostradas as massas específicas desses materiais.

Tabela 2 – Matérias-primas utilizadas na indústria e suas massas específicas.

Matéria-prima	Massa específica (kg/m³)
Milho	750,0
Sorgo	750,0
Farelo de soja	650,0
Farelo de trigo	450,0
Sal mineral	1080,0
Sal comum	1080,0
Uréia	750,0
Fosfato bicálcico	1200,0

Fonte: Adaptado de Silva e Corrêa (2008).

A porcentagem de cada material dentro das formulações das rações foram adaptadas dos estudos de Gomes et al. (2015) e Lana (2011), sendo apresentados na Tabela 3. Além disso, para fins de cálculos e baseando-se nestes mesmos estudos, foram definidas 3 formulações principais para a produção da fábrica, onde através destes dados pôde-se definir a de menor e de maior massa específica e a de massa específica intermediária. Os valores de cada matéria-prima em cada formulação são expostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Formulações principais a serem usadas no projeto para fins de cálculo.

Matéria-prima	Composição (%)		
	Formulação mais volumosa (A)	Formulação intermediária (B)	Formulação menos volumosa (C)
Milho	69,45	20	30
Sorgo	10,06	0	0
Farelo de soja	4,63	30	25
Farelo de trigo	10,76	0	0
Sal mineral	0	20	20
Sal comum	1	17	20

Continua

Matéria-prima	Composição (%)		
	Formulação mais volumosa (A)	Formulação intermediária (B)	Formulação menos volumosa (C)
Uréia	2,85	13	5
Fosfato bicálcico	1,25	0	0

Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2015) e Lana (2011).

Através dos dados de composição das formulações das rações foi possível calcular e definir os principais parâmetros necessários para avaliar e selecionar os equipamentos adequados, utilizando-se também de informações de fornecedores e fabricantes de equipamentos.

3.2 Equipamentos e dados de seleção

3.2.1 Análise dos tempos de processo e por etapas

Outro ponto que foi analisado para a seleção de equipamentos e planejamento de processo foi a definição e estudo dos tempos e das etapas envolvidas. Essa análise e definição se realizou a partir da definição da produção diária, da produtividade de cada equipamento, do tempo de operação do maquinário e de esquemas de pausa e espera calculadas.

Através desse estudo foi possível planejar a parte operacional do sistema, para que não ocorram paradas forçadas, sobre carregamento do processo, sobreposição de etapas e perdas de tempo de operação. Logo, parte-se do pressuposto que certos equipamentos chave para o funcionamento da fábrica, como os transportadores, elevadores, moinho e o misturador, já foram definidos e planejados dentro do *layout* de operação.

Além disso, alguns tempos de operação e funcionamento dos equipamentos utilizados no projeto foram determinados com dados e pré-definições de fabricantes. Como parte do maquinário foi selecionado utilizando-se catálogos, os tempos mínimos relacionados foram divulgados e utilizados na etapa.

3.2.2 Análise dos silos, transportadores e elevadores

Os cálculos de dimensionamento não começam diretamente pelo silo, mas sim pela definição dos volumes e velocidades de produção, sendo esse o sistema de dosagem. Além disso, leva-se em conta a produtividade diária estipulada da fábrica e o tempo de operação.

Com essas considerações tomadas e levando-se em conta os dados estipulados nas Tabelas 2 e 3 pode-se definir que o volume mínimo que os silos devem suprir é referente à formulação de menor massa específica ou de maior volume.

Assumindo-se que a produção diária será de 120 toneladas, sendo essa estipulada por diretrizes da empresa interessada no projeto para atender a demanda do mercado de rações local e nacional, e que esta seja totalmente direcionada para a produção de apenas uma das formulações, pode-se definir por meio da Equação 1 o volume útil ocupado por cada produto, sendo estes de 171,4, 149,3 e 146,6 m³ para as formulações A, B e C, respectivamente.

$$V_{silo} = \sum \frac{P \times x_i}{\rho_i} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: V_{silo} = Volume do silo de armazenamento (m³); P = Produção diária (kg); x_i = Fração percentual do componente i na formulação da ração; ρ_i = Massa específica do componente i na fração da ração (kg/m³).

Contudo, cabe ressaltar que o volume útil ocupado pelo material não define o tamanho do silo, uma vez que é necessário que haja espaço para a troca térmica do ar retido e para as folgas atreladas ao processo de construção e fabricação. Logo, o volume total do reservatório pode ser calculado dividindo-se o silo em três compartimentos, o cone superior, corpo cilíndrico e tronco de cone, conforme mostrado na Figura 12.

Cabe também ressaltar que para haver um volume livre suficiente dentro do silo para as medidas preventivas necessárias, definiu-se com base em catálogos de fornecedores e por modelos de silos presentes em empresas da região que o volume do silo seria 20% superior ao volume total da formulação mais volumosa.

Figura 12 - Componentes de cálculo do volume de um silo de armazenagem de grãos.



Fonte: Adaptado de MFRURAL (2020).

A partir desses dados preliminares o dimensionamento dos silos pode ser realizado por cálculo simples de volume, conforme mostrado nas Equações 2 a 4 obtidas de Reis (2014).

$$V_{cone} = \frac{1}{3} \pi r^2 \times H \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: V_{cone} = Volume do cone inferior (m^3); r = raio da base do cone (m); H = altura do cone (m).

$$V_{cilindro} = \pi \times r^2 \times H \quad \text{Eq. 3}$$

Onde: V_c = Volume do cilindro (m^3); r = raio da base do cilindro (m); H = altura do cilindro (m).

$$V_{tambor} = \frac{1}{3} \pi H \times (R^2 + (R \times r) + r^2) \quad \text{Eq. 4}$$

Onde: V_{tambor} = Volume do tambor do cone (m^3); H = altura do tambor (m); R = Raio maior do tambor (m); r = Raio menor do tambor (m).

Em relação às tubulações e os transportadores de corrente, o comprimento dos tubos fica limitado à área disponível para a construção da fábrica e ao dimensionamento geométrico dos equipamentos, se tornando um fator incerto no projeto e sendo um dado estimado. Contudo, as equações 5 a 11 utilizadas para o dimensionamento do equipamento foram obtidas de manuais de transportadores de correias (FAÇO, 1996).

Uma vez que a fluidez do material não é tão elevada devido a sua abrasividade, os transportadores devem apresentar uma inclinação maior que 20° , logo, para definir a capacidade do transportador com essa característica utiliza-se a Equação 5 e os Quadros 1 e 2.

$$Q = \frac{11148 \times \gamma \times V \times K_2}{K_1} \quad \text{Eq. 5}$$

Onde: Q = Capacidade (ton/h); γ = Massa específica do material (ton/m^3); V = Velocidade das correntes (m/s) (Quadro 1); K_1 = Fator que depende do tamanho do transportador (Quadro 1); K_2 = Fator de escorregamento que depende do material (Quadro 2).

Quadro 1 - Fatores de K_1 para transportadores de corrente Série 1300.

Fatores K_1					
Altura do material (mm)	Tamanho da caixa				
	8	13	16	20	25
50	336	205	165	132	96
76	216	132	107	85	64
102	159	97	79	63	48
127	125	77	62	50	38
152	104	64	52	41	32

Continua

Conclusão

Fatores K_1					
Altura do material (mm)	Tamanho da caixa				
	8	13	16	20	25
178	89	54	44	35	27
203	77	47	38	31	24
229	-	42	34	27	21
254	-	38	31	24	19

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996, p. 7.19).

Quadro 2 - Características dos materiais transportados.

Material	Peso específico (ton/m ³)	f	K_2	K_3	K_4	Abrasividade	Velocidade do transportador (m/s)
Milho	0,72	0,5	0,8	0,05	0,5	5	0,90
NaCl granulado	1,28	0,6	0,7	0,04	0,8	6	0,50
Farelo de soja	0,45-0,64	0,5	0,7	0,01	0,5	5	0,50
Trigo em grão	0,77	0,5	0,8	0,02	0,5	5	0,90

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996, p. 7.20-7.21).

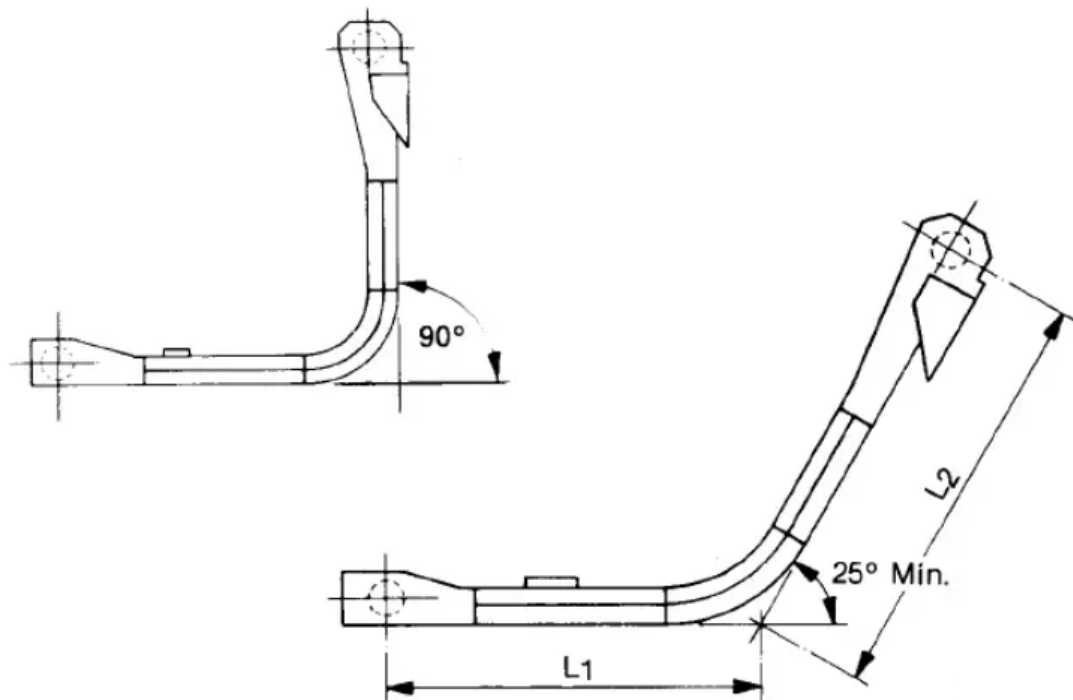
Em seguida, para calcular a potência necessária para o transportador e considerando que a inclinação seja maior que 25° em alguns trechos do equipamento, admite-se os perfis apresentados na Figura 13, fazendo uso das Equações 6 a 10 e dos Quadros 3 a 5.

Quadro 3 - Tamanho de caixa por tamanho do material para transportadores série 1300.

Tamanho da caixa	8	13	16	20	25
Tamanho máximo do material (mm)	4,8	7,7	9,5	11,8	14,8

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996, 7.19).

Figura 13 - Perfis admitidos para transportadores com inclinação maior que 25°.



Fonte: Adaptado de FAÇO (1996, p. 7.14) .

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 \quad \text{Eq. 6}$$

Onde: N = Potência necessária (CV); N₁ = Potência no trecho horizontal (CV); N₂ = Potência na curva devido ao atrito interno do material (CV); N₃ = Potência na curva devido ao atrito da corrente com a chapa (CV); N₄ = Potência no trecho inclina ou vertical (CV).

$$N_1 = \frac{L_1 \times f \times [(0,417 \times Q) + (2 \times W_C \times V)]}{75} \quad \text{Eq. 7}$$

Onde: N₁ = Potência no trecho horizontal (CV); L₁ = Comprimento do trecho horizontal (m); f = fator de atrito entre o material e aço (Quadro 2); Q = Capacidade (ton/h); W_C = Peso por unidade linear do elemento de transporte (kgf/m) (Quadro 4); V = Velocidade das correntes (m/s) (Quadro 1).

Quadro 4- Correntes para transportadores Série 1300.

Tipo de corrente	Peso das correntes (kgf/m)									
	Tamanho da caixa									
	8		13		16		20		25	
	T1*	T2**	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Normal	10,3	8,7	13,4	10,3	15,8	11,5	19,7	13,4	23,7	15,4
Pesada	14,4	12,2	18,8	14,4	22,1	16,1	27,6	18,9	33,2	21,6

*Corrente sem espaçador; **Corrente com espaçador

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996, p. 7.18).

$$N_2 = 1,1176 \times K_3 \times Q \quad \text{Eq. 8}$$

Onde: N_2 = Potência na curva devido ao atrito interno do material (CV); K_3 = Fator dependente do material (Quadro 2); Q = Capacidade (ton/h).

$$N_3 = B \times (N_1 + N_2) \quad \text{Eq. 9}$$

Onde: N_3 = Potência na curva devido ao atrito da corrente com a chapa (CV); B = Fator de curvatura (K_1) (Quadro 1); N_1 = Potência no trecho horizontal (CV); N_2 = Potência na curva devido ao atrito interno do material (CV).

$$N_4 = \frac{Q}{270} \times [1 + (K_4 \times K_5)] \quad \text{Eq. 10}$$

Onde: N_4 = Potência no trecho inclinado ou vertical (CV); Q = Capacidade (ton/h); K_4 = Fator dependente das propriedades do material (Quadro 2); K_5 = Fator baseado no tamanho do elevador (Quadro 5).

Quadro 5 - Correntes para transportadores Série 1000.

Tipo	Tamanho da caixa	Passo (polegada)	K_1	K_5
U	5	4	230	3,7
	7	5	135	3,3
	9	6	86	3,0
	11	7	62	2,7
	13	8	46	2,5
	15	9	35	2,3
	17	10	26	2,1
	19	11	21	2,0
	23	13	14	2,0

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996, p. 7.18).

O último cálculo utilizado no dimensionamento dos transportadores de corrente é exposto pela Equação 11.

$$T_c = \frac{N \times 75}{V} + (W_c \times H) \quad \text{Eq. 11}$$

Onde: T_c = Tensão na corrente em um ponto determinado (kgf); N = Potência do transportador (CV); V = Velocidade da corrente (m/s); W_c = Peso da corrente (kgf/m) (Quadro 4); H = altura do material (m).

Por fim, realiza-se os cálculos dos elevadores de canecas utilizados na indústria. Os elevadores são utilizados para transportar os materiais granulares em todas as etapas do processo, como a alimentação dos silos de matéria-prima, elevação da balança para o moinho e do misturador para a peletizadora, sendo que tais materiais devem apresentar um bom grau de fluidez para que a continuidade do processo seja mantida e nenhum material fique preso entre as etapas ou nas canecas.

Os cálculos de dimensionamentos destes equipamentos são baseados nas Equações 12 a 17 (FAÇO, 1996). Primeiro deve-se selecionar o tipo de elevador com base no Quadro 6.

Quadro 6 – Tipos de elevadores de canecas e velocidades recomendadas.

Tipo de elevador	Velocidades recomendadas V (m/s)
Centrífugo	1,10 – 1,52
Contínuo	0,64 – 0,76

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996, p. 4.07).

Em seguida, com base na capacidade (t/h) e no peso específico do produto é selecionado a série do elevador através do Quadro 7.

Quadro 7 – Seleção de modelos de elevadores de canecas de acordo com as capacidades.

Capacidade ton/h			Série Nº	Capacidade m³/h (com canecas 75% cheias)
Massa específica (ton/m³)				
0,8	1,2	1,6		
6,4	9,6	12,8	E-1000	8,0
13,5	20,2	27,0	E-2000	16,9
21,1	31,6	42,2	E-3000	26,4
32,9	49,4	65,9	E-4000	41,2
45,7	68,6	91,5	E-5000	57,2
58,6	87,9	117,2	E-6000	73,3

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996, p. 4.07).

Determinando a altura de elevação do material (H) e com base no Quadro 8 define-se a distância entre centros das canecas (L) pela Equação 12.

Quadro 8 - Dimensões gerais dos elevadores.

Série Nº	Dimensões gerais (mm)															
	A	B	E	F	G	J	K	M	N	P	Q	R	S	T	U	V
E-1000	300	890	150	585	25	320	185	540	508	810	150	150	420	250	460	300
E-2000	350	990	369	850	25	350	210	585	548	860	470	470	520	415	595	300
E-3000	400	1070	369	850	25	400	235	620	623	900	470	470	520	500	690	300
E-4000	450	1220	369	850	75	450	270	700	673	1030	500	500	500	525	845	380
E-5000	500	1220	369	862	75	450	295	700	673	1030	500	500	600	550	870	380
E-6000	580	1220	369	862	75	450	335	700	748	1030	500	500	650	570	910	380

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996, p. 4.12).

$$L = H + M + Q + 0,275 \quad \text{Eq. 12}$$

Onde: L = Distância entre centros das canecas (m); H = Altura do material (m); M = Dimensão geral conforme Quadro 8 (m); Q = Dimensão geral conforme Quadro 8 (m).

Em seguida, para calcular a potência do motor do elevador, o peso do material e verificando a capacidade, utilizam-se as Equações 13 a 15 em conjunto com o Quadro 9.

Quadro 9 - Características dos principais componentes do elevador de canecas.

Série Nº	Caixa – Dimensões internar A x B (mm)	Bitola Nº	Largura da correia (pol)	Passo das canecas (mm)	Diâmetro dos tambores (mm)		Velocidade (V) (m/s)	rpm
					Cabeça (D ₁)	Pé (D ₂)		
E-1000	300x890	12	8	330	500	450	1,15	44
E-2000	350x990	12	10	350	500	450	1,15	44
E-3000	400x1070	10	12	400	500	450	1,15	44
E-4000	450x1220	10	14	460	600	450	1,30	41
E-5000	500x1220	10	16	460	600	450	1,30	41
E-6000	580x1220	10	18	460	600	450	1,30	41

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996, p. 4.10).

$$N = \frac{V \times P \times [H + (12 \times D_2)]}{75 \times \eta} \quad \text{Eq. 13}$$

Onde: N = Potência do motor (HP); V = Velocidade da correia (m/s); P = Peso do material (kgf/m); H = Elevação do material (m); D₂ = Diâmetro do tambor do pé (m); η = Rendimento.

$$P = \frac{1000 \times \gamma \times q_c}{C} \quad \text{Eq. 14}$$

Onde: P = Peso do material (kgf/m); γ = Massa específica do material (ton/m³); q_c = Capacidade de cada caneca (m³); C = Passo das canecas (m).

$$Q = \frac{3600 \times q_c \times V \times \gamma}{C} \quad \text{Eq. 15}$$

Onde: Q = Capacidade (ton/h); q_c = Capacidade de cada caneca (m³); V = Velocidade (m/s); γ = Massa específica do material (ton/m³); C = Passo das canecas (m).

Por fim, para calcular a tensão efetiva e máxima nas correias do elevador utilizam-se as Equações 16 e 17 com auxílio do Quadro 10.

Quadro 10 - Valores de K para 180° de abraçamento.

Esticador	Tambor liso	Tambor revestido
Por parafuso	0,97	0,80
Por gravidade	0,64	0,50

Fonte: Adaptado de FAÇO (1996, p. 4.13).

$$T_e = \frac{(H + 12D_2) \times q_c \times \gamma \times 1000}{C} \quad \text{Eq. 16}$$

Onde: T_e = Tensão efetiva na correia (kgf); H = Altura do material (m); D₂ = Diâmetro do tambor do pé (m); q_c = Capacidade de cada caneca (m³); γ = Massa específica do material (ton/m³); C = Passo das canecas (m).

$$T_1 = (1 + K) \times T_e \quad \text{Eq. 17}$$

Onde: T_1 = Tensão máxima na correia (kgf); K = fator devido ao abraçamento da correia no tambor de acionamento; T_e = Tensão efetiva na correia (kgf).

3.2.3 Análise do misturador

Levando-se em conta os procedimentos envolvidos na mistura, pode-se determinar a uma limitação na seleção deste equipamento. Devido ao grande volume de amostra que será encaminhada para a mistura, não havendo possibilidade de instalar um equipamento que tenha uma estrutura externa móvel, e sabendo-se que este tipo de mistura é mais eficiente em misturadores horizontais, o misturador de pás surge como alternativa mais adequada para escolha.

Este tipo de misturador, além de atender as demandas inicialmente descritas, apresenta algumas vantagens de grande interesse para o processamento de rações.

- O equipamento pode ser utilizado para misturas em batelada além de aceitar uma gama de outras matérias-primas;
- Sua limpeza é relativamente fácil e pode-se adaptar vários modelos e configurações de pás disponíveis no mercado;
- O modelo pode ser utilizado para a mistura eficiente de pastas, logo, torna-se possível a adição de líquidos na mistura, se desejado.

Outros dados que devem ser observados para a seleção do misturados são: i) a massa específica média do produto, a qual pode ser obtida através dos dados disponíveis nas Tabelas 2 e 3; ii) o tamanho da carga processada por operação (kg/operação); iii) se o equipamento aceita a instalação de silos pulmões, antes e após a mistura; iv) o coeficiente de variação (CV) resultante da mistura deve ser inferior à 10%, conforme diretrizes do mercado de rações (BELLAYER; NONES, 2000). Uma demonstração do equipamento proposto está disposta na Figura 14.

Figura 14 - Misturador de pás idealizado para o processo.



Fonte: WFA (2020).

3.2.4 Análise do moinho

Assim como estudado na literatura e apontado por Tadini et al. (2015), Pozza et al. (2005) e Fucillini e Veiga (2014), o moinho de martelos é o modelo mais adequado para a moagem de materiais como os envolvidos na produção de ração. Em diversos aspectos, seja em questão do diâmetro de entrada e saída, características dos materiais processados, custo benefício, facilidade e custo de manutenção e operação, o moinho de martelos é ideal, sendo assim o modelo adotado nesse projeto.

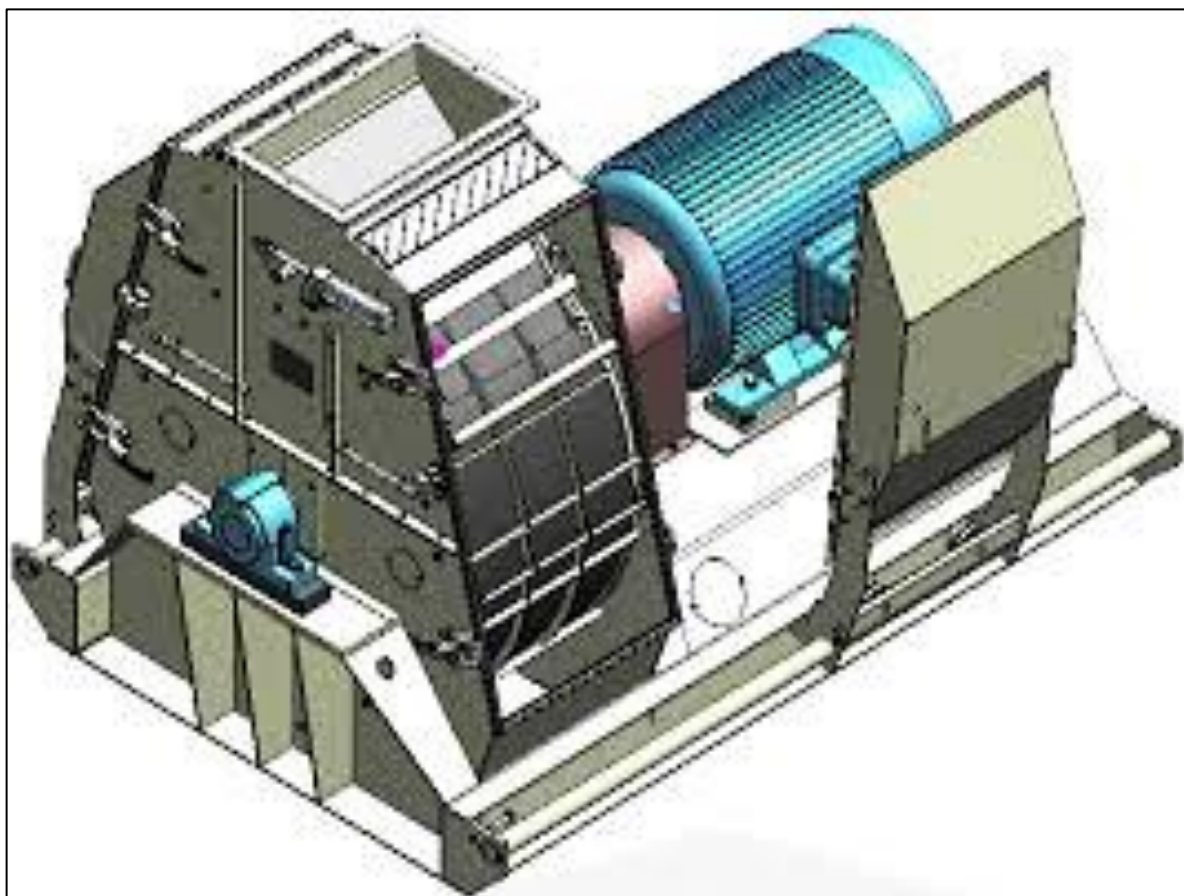
Contudo, a escolha do tipo de moinho também se dá a partir de alguns pré-requisitos do processo, geralmente baseada em determinadas características da matéria-prima, como sua dureza, diâmetro, se é abrasivo ou não, entre outros. Dessa forma, há muitas variações deste tipo de moinho que aceitam diversos materiais e oferecem produtos variados.

Segundo Widmann (2016), para selecionar o equipamento de moagem adequado deve-se calcular: i) a produtividade (ton/h); ii) a potência do motor (kW/CV); iii) o consumo de energia (kwh/ton); iv) a área da peneira (mm); entre outros. Contudo, na realidade, pode-se realizar a seleção da máquina com apenas dois requisitos, conforme fornecedores e fabricantes: a produtividade, seja diária ou por hora, e o diâmetro geométrico médio (DGM) desejado ao

final do processo. Alguns fornecedores, como a Ferraz – Máquinas e Engenharia LTDA e a Branorte apresentam em seus catálogos apenas a produtividade desejada do equipamento, sendo a potência dependente da produção, mas podendo variar conforme a necessidade do comprador.

Essa redução de características ocorre frente as características de cada fabricante em seus equipamentos. Algumas máquinas podem realizar a mesma ou ainda maior produtividade que outra com uma potência inferior, além disso, a peneira pode ser facilmente produzida conforme os desejos do cliente e acomodada em uma grande gama de moinhos. Por fim, o consumo de energia se relaciona à questão da potência, sendo analisada de forma semelhante e se tornando uma consequência do processo. A Figura 15 traz um modelo de moinho de martelos frequentemente utilizado em indústrias de rações animais.

Figura 15 - Moinho de martelos utilizado em indústria de rações.



Fonte: Widmann (2016).

3.2.5 Análise da peletizadora, resfriador e do envase

A peletização é uma etapa fundamental para garantir a elevada integridade do produto, seu manuseio e transporte facilitado, a agregação e adesão adequada dos micro componentes e

nutrientes e aumentar a palatabilidade do material. Uma vez que a classe de ruminantes é muito seletiva com seu trato em relação à palatabilidade, um processo que a eleve se faz importante para reduzir a rejeição da ração por parte do animal (OLIVEIRA; LEW, 2002).

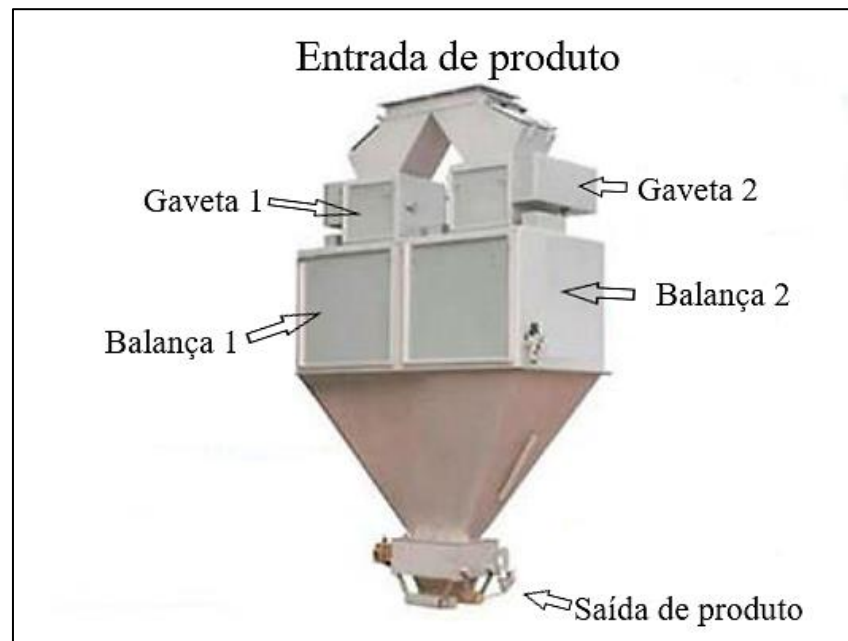
Contudo, já que o processo envolve etapas de aquecimento e gelatinização de componentes, como o amido, há certa degradação de nutrientes e perda de características, como percentuais de gordura, proteína, umidade, entre outros. Logo, é necessária uma definição adequada das temperaturas nas zonas de aquecimento, velocidade de processamento e matéria prima adequada, para que a redução dessas propriedades seja desprezível (THOMAS; ZUILICHEM; POEL, 1997).

Para realizar a seleção de um equipamento de peletização de rações é necessário a definição da produtividade, assim como todos os outros equipamentos. Além disso, é necessário conhecer o ponto de gelatinização do material peletizado, ficando entre 70 e 90°C no caso do milho, a umidade necessária para o processo, a forma desejada do *pellet* e a temperatura de saída do produto (CUTLIP et al., 2008).

Com frequência o equipamento de refrigeração do produto proveniente do processo de peletização é adquirido com o seu equipamento predecessor, uma vez que se torna possível ajustar parâmetros e características de forma a maximizar a produtividade, com o mínimo de perdas e danos ao produto. Dessa forma, a seleção do equipamento de refrigeração será realizada simultaneamente com o de peletização, visando atender a demanda da produtividade diária e respeitando a variação de temperatura de saída do produto (máximo de 2 a 8° C superior à temperatura ambiente) (OBERNBERGER; THEK, 2010).

Por fim, o equipamento de envase será avaliado de acordo com os dados da empresa, uma vez que sua seleção deve respeitar a produtividade, mas acima de tudo, as características do local onde este será instalado e da forma de armazenamento do produto. Como definiu-se com a empresa que o produto será armazenado e comercializado em sacarias, *big bags* e a granel, um sistema de envase conforme mostra a Figura 16 será utilizado, uma vez que o equipamento permite realizar uma dosagem dupla, sendo uma etapa mais precisa e lenta (mais eficaz para sacarias e *big bag*) e outra mais rápida e menos precisa (mais adequada para o sistema a granel).

Figura 16 - Sistema de envase duplo para rações.



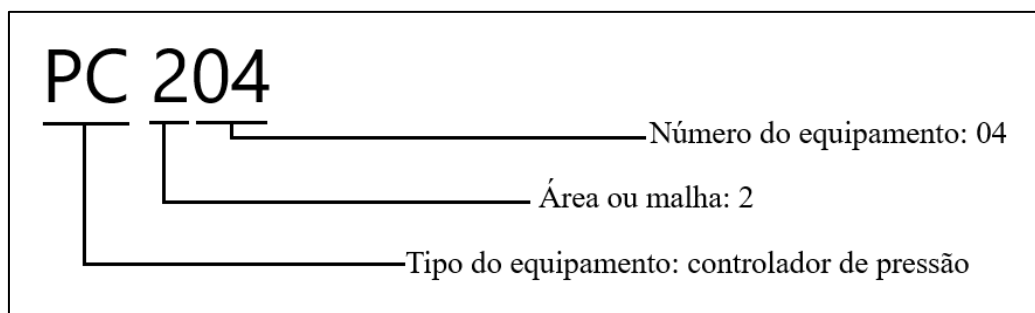
Fonte: Adaptado de Magalhães (2019, p.21).

3.3 Dados relevantes para desenvolvimento do *P&ID*

Partindo-se do dimensionamento e seleção dos equipamentos que farão parte do sistema produtivo da fábrica, foi desenvolvido um esquema de *P&ID* através do software VISIO da *Microsoft* que abrangerá os equipamentos, tubulações, válvulas e malhas de controle de cada equipamento. Para facilitar a visualização e um melhor detalhamento, serão mostrados os *P&ID* de etapas do processo separadamente, especificando os sistemas de automação e controle envolvidos no seu funcionamento.

O método de nomenclatura dos equipamentos expostos pelo *P&ID* seguirá o sistema padrão e a Figura 17 exemplifica esta metodologia.

Figura 17 - Formato de nomenclatura para os equipamentos descritos no *P&ID*.



Fonte: Do autor (2020).

Uma vez que cada conjunto de equipamentos será detalhado de forma individual e com seus próprios instrumentos descritos, cada instrumento contará com uma malha fechada individual. Frente a isso, todos os componentes descritos dentro do esquema de *P&ID* do equipamento estarão interligados, descrevendo a lógica de controle do processo. Também serão detalhados em cada equipamento o seu setor e tubulações interligadas, com suas dimensões, materiais de fabricação, identificação, entre outros.

3.4 Dados pertinentes à análise financeira

Os dados condizentes à análise financeira serão realizados ao final do projeto, após a realização de todos os cálculos de dimensionamento dos equipamentos, análise dos tipos de equipamentos necessários, realização de levantamento com fornecedores e geração de orçamentos com os valores atrelados às máquinas.

Após a coleta desses dados e do custo total de investimento, bem como os cálculos de custo energético e de operação, será realizada uma regressão básica de investimento, chamada de *PAYBACK*, utilizando-se da Equação 18 (NETO, 2020). Através desse cálculo é possível avaliar em quantos anos o rendimento financeiro da empresa será interpretado como lucro e não mais como retorno do investimento.

$$PAYBACK = \frac{\text{Valor do investimento}}{\text{Retorno anual}} \quad \text{Eq. 18}$$

Além disso, entrarão no cálculo os valores gerados de despesas, seja com funcionários, operação (principalmente custo energético), manutenções, peças de reposição e por fim, a compra e venda de matérias-primas e produtos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Definição e caracterização dos equipamentos

4.1.1 Determinação dos tempos de processo e por etapas

Antes de determinar exatamente as características dos equipamentos que serão utilizados na empresa a fim de atender as especificações pré determinadas, deve-se realizar uma análise sobre os tempos utilizados em cada etapa do processo.

Inicialmente determinou-se o volume de produção da fábrica como 15 toneladas de produto por hora para atender as demandas da empresa com o mercado de rações, logo, 15.000 kg de ração em 3600 segundos, o que leva a uma produção de 1 tonelada a cada 240 segundos.

Outro ponto que deve ser considerado é que o processo produtivo do material pode ser dividido em 3 etapas: dosagem; da balança até a moagem; e mistura. Cada etapa pode levar no máximo 240 segundos, uma vez que cada uma pode conter 1.000 kg de produto. Ainda que alguns tempos de operação dos equipamentos são determinados baseados em dados de fornecedores, outros devem ser calculados para dimensionar a produtividade das máquinas e não permitir falta ou atraso de abastecimento.

A etapa da mistura é determinada de forma simples, uma vez que o tempo de carregamento do silo pulmão do misturador, o tempo de mistura e o tempo de descarregamento do material misturado são definidos também baseando-se em dados de fabricantes. Segundo a Metalúrgica Krabbe Ltda. (2020), a qual projeta e fornece equipamentos para indústrias do ramo de ração animal, os tempos respectivos para esta etapa podem ser definidos como: 30 s para carregar, 100 s para misturar (o que garante um coeficiente de variação inferior a 5%) e 5s

para a descarga do equipamento. A soma desses valores resulta em 135 s para a etapa, o que respeita os 240 s máximos e garante a funcionalidade do processo.

As duas primeiras etapas apresentam alguns dados de tempo mínimo de operação definidos pelo fornecedor, contudo, com esse valor mínimo a produtividade da empresa não é atendida, logo, há a necessidade de redimensionamento a fim de corrigir este parâmetro. Segundo a Metalúrgica Krabbe Ltda. (2020), o tempo mínimo necessário para a operação da balança é de 30 s por batelada de 1000 kg, contudo, ao adotar esse valor admite-se que o equipamento suporta uma produção de 2 ton/min ou 120 ton/h, logo, o transportador e elevador conectados a esta etapa devem ser dimensionados para 120 ton/h, o que impacta em um equipamento demasiadamente grande e caro para uma produção de 15 ton/h.

Para solucionar este entrave, partiu-se para a análise da moagem. Um equipamento adequado para a produtividade desejada, que atenda a demanda de tempos e que não sobrearregue o orçamento do projeto, conforme recomendação do fornecedor, é a implementação de um moinho com capacidade de 25 ton/h. Através desse valor pode-se obter o tempo necessário para a operação conforme os seguintes cálculos simplificados:.

$$25 \text{ toneladas} \rightarrow 3600 \text{ segundos}$$

$$1 \text{ tonelada} \rightarrow x$$

$$x = \frac{1 \times 3600}{25} = 144 \text{ segundos}$$

Uma vez que o processo de moagem consome 144 s dos 240 s de tempo limite, sobram 96 s para a pesagem e transporte do material. Para atender esse requisito chega-se ao seguinte cálculo de produção:

$$1 \text{ tonelada} \rightarrow 96 \text{ segundos}$$

$$x \rightarrow 3600 \text{ segundos}$$

$$x = \frac{1 \times 3600}{96} = 37,5 \cong 40 \text{ toneladas por hora}$$

Dessa forma, entende-se que para o processo de pesagem e moagem operar em até 240s, o transportador e elevador devem ser projetados para uma produção de 40 ton/h e o moinho para 25 ton/h, sendo consumidos assim 96 e 144 segundos, respectivamente.

4.1.2 Dimensionamento dos silos, transportadores e elevadores

Para dimensionar os silos de armazenamento das rações, deve-se levar em consideração os volumes ocupados efetivamente pelas formulações. Conforme definido na metodologia, a formulação mais volumosa, intermediária e menos volumosa ocupariam volumes de 171,4, 149,3 e 146,6 m³, respectivamente. Dessa forma, o volume dos silos de armazenagem deve ser superior a estes valores, com uma margem para que haja espaço livre de segurança, para troca térmica e para acomodação do material, sendo que para fins de cálculo determinou-se que seria adequado que os silos apresentassem um volume de pelo menos 20% superior ao volume ocupado pela ração mais volumosa, ou seja, no mínimo 205,7 m³.

Como demonstrado na metodologia, os silos de armazenamento podem ser divididos em três seções, cone superior, corpo cilíndrico e fundo em tambor, sendo o volume total do silo definido pela soma das seções. Para o dimensionamento do equipamento, um raio de 2,5 m foi definido conforme os cálculos para a obtenção de um volume de armazenamento adequado ao produto.

Para o volume do cone, com base na Equação 2:

$$V_{CONE} = \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times H$$

$$V_{CONE} = \frac{1}{3} \times \pi \times 2,5^2 \times 2$$

$$V_{CONE} = 13,1 \text{ m}^3$$

Para o volume do cilindro, com base na Equação 3:

$$V_{CILINDRO} = \pi \times r^2 \times H$$

$$V_{CILINDRO} = \pi \times 2,5^2 \times 9$$

$$V_{CILINDRO} = 176,7 \text{ m}^3$$

Para o volume do tambor manteve-se o raio maior padrão de 2,5 m enquanto que o raio menor foi determinado através de um triângulo retângulo entre o raio menor, o raio maior e a parede do equipamento, considerando um ângulo de acomodação dos grãos de 60°, com base na Equação 4 calculou-se o volume:

$$V_{TAMBOR} = \frac{1}{3} \times \pi \times H \times (R^2 + (R \times r) + r^2)$$

$$V_{TAMBOR} = \frac{1}{3} \times \pi \times 2 \times (2,5^2 + (2,5 \times 0,77) + 0,77^2)$$

$$V_{TAMBOR} = 18,3 \text{ m}^3$$

Para o volume do silo:

$$V_{SILO} = V_{CONE} + V_{CILINDRO} + V_{TAMBOR}$$

$$V_{SILO} = 13,1 + 176,7 + 18,3 = 208,2 \text{ m}^3$$

Para dimensionar os transportadores, algumas pré-definições foram obtidas em relação as formulações. Os dados utilizados são dispostos na Tabela 4.

Tabela 4 - Dados de material, volume e massas específicas das rações e componentes produzidas na empresa.

Material	Massa específica (kg/m³)	Formulação			Formulação		
		A (kg)	B (kg)	C (kg)	A (m³)	B (m³)	C (m³)
Milho	750,0	694,5	200	300	0,926	0,267	0,400
Sorgo	750,0	100,6	0	0	0,134	0,000	0,000
Farelo de soja	650,0	46,3	300	250	0,071	0,462	0,385
Farelo de trigo	450,0	107,6	0	0	0,239	0,000	0,000
Sal comum	1080,0	0	200	200	0,000	0,185	0,185
Sal mineral	1080,0	10	170	200	0,009	0,157	0,185
Uréia	750,0	28,5	130	50	0,038	0,173	0,067
Fosfato bicalcico	1200,0	12,5	0	0	0,010	0,000	0,000
Total		1000	1000	1000	1,428	1,244	1,222
Massa específica do material (ton/m³)					0,700	0,804	0,818

Fonte: Do autor (2020).

Com os dados definidos para a massa específica do material pôde-se obter uma média (0,774 ton/m³) que é utilizada nos cálculos de dimensionamento. Além disso, com base no Quadro 3 definiu-se que o tamanho da caixa do transportador mais adequada é de 13 polegadas e com base no Quadro 4, admitiu-se que o transportador tenha uma corrente normal com espaçadores. Por fim, como definido na seção 4.1.1, para a determinação de tempos, definiu-se que a capacidade do transportador será de 40 ton/h. Uma vez que todos esses requisitos tenham sido definidos, segue-se para os cálculos de dimensionamento.

Para a velocidade, com base na Equação 5, na média do valor de K_2 (Quadro 2) e no valor de K_1 (Quadro 1), considerando uma altura de material (H) de 203 mm, obtém-se:

$$Q = \frac{11148 \times \gamma \times V \times K_2}{K_1}$$

$$40 = \frac{11148 \times 0,774 \times V \times 0,75}{47}$$

$$V = 0,2904 \text{ m/s}$$

Para a potência no trecho horizontal (N_1), definindo um comprimento de 5 m para o transportador, considerando o valor médio de f (Quadro 2) e utilizando o Quadro 4 para definir o valor de W_C , obtém-se pela Equação 7:

$$N_1 = \frac{L_1 \times f \times [(0,417 \times Q) + (2 \times W_C \times V)]}{75}$$

$$N_1 = \frac{5 \times 0,525 \times [(0,417 \times 40) + (2 \times 10,3 \times 0,2904)]}{75}$$

$$N_1 = 0,7932 \text{ CV}$$

Para a potência na curva devido ao atrito interno do material (N_2), considerando o valor média de K_3 (Quadro 2) e usando a Equação 8, obtém-se:

$$N_2 = 1,1176 \times K_3 \times Q$$

$$N_2 = 1,1176 \times 0,03 \times 40$$

$$N_2 = 1,3411 \text{ CV}$$

Para a potência na curva devido ao atrito da corrente com a chapa (N_3), considerando que $B=K_1$ (Quadro 1) e usando a Equação 9, tem-se:

$$N_3 = B \times (N_1 + N_2)$$

$$N_3 = 47 \times (0,7932 + 1,3411)$$

$$N_3 = 100,3134 \text{ CV}$$

Para a potência no trecho inclinado ou vertical (N_4), considerando o valor médio de K_4 (Quadro 2) e utilizando o Quadro 5 para determinar o valor de K_5 , tem-se pela Equação 10:

$$N_4 = \frac{Q}{270} \times [1 + (K_4 \times K_5)]$$

$$N_4 = \frac{40}{270} \times [1 + (0,575 \times 2,5)]$$

$$N_4 = 0,3611 \text{ CV}$$

Para a potência necessária (N) e usando a Equação 6, obtém-se:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4$$

$$N = 0,7932 + 1,3411 + 100,3134 + 0,3611$$

$$N = 102,8088 \text{ CV}$$

Para a tensão na corrente em um ponto qualquer (T_c), usando a Equação 11, o Quadro 4 para determinar W_c e considerando uma altura de material de 0,203 m, tem-se:

$$T_c = \frac{N \times 75}{V} + (W_c \times H)$$

$$T_c = \frac{102,8088 \times 75}{0,2904} + (10,3 \times 0,203)$$

$$T_c = 26550,2295 \text{ kgf}$$

O transportador a ser utilizado na empresa segue o modelo apresentado pela Figura 18 segundo material fabricado pelo fornecedor.

Figura 18 - Transportador Redler idealizado para o projeto.



Fonte: Metalúrgica Krabbe Ltda (2020).

Por fim, para o dimensionamento dos elevadores de canecas que são utilizados em diversos pontos e setores da fábrica, algumas pré-definições também foram realizadas. Segundo Yamaki (2014) os elevadores centrífugos são mais aconselháveis para o transporte de grãos, logo, admite-se que os elevadores utilizados no projeto são do tipo centrífugo e que realizam a descarga do material transportado através da força centrífuga. Além disso, considera-se que o esticador do equipamento é conectado por parafuso e com um tambor revestido. Por fim, com essas considerações técnicas, admitindo uma capacidade de 40 ton/h conforme definição do item 4.1.1 dos tempos de processo e com uma massa específica da ração média de 0,774 ton/m³, partiu-se para os cálculos de dimensionamento deste sistema.

Com os dados de capacidade e massa específica, pode-se identificar no Quadro 7 que o modelo de elevador de canecas admitido nos cálculos é da série nº E-5000 (FAÇO, 1996). A partir dessa definição, utilizando-se o Quadro 8 para determinar os valores de M e Q e a Equação 12, pôde-se determinar a distância (L) entre centros das canecas.

$$L = H + M + Q + 0,275$$

$$L = 0,203 + 0,7 + 0,5 + 0,275$$

$$L = 1,678 \text{ m}$$

Para determinar a capacidade de cada caneca (q_c), com auxílio do Quadro 9 para definir a velocidade e o passo das canecas utilizou-se a Equação 15:

$$Q = \frac{3600 \times q_c \times V \times \gamma}{C}$$

$$40 = \frac{3600 \times q_c \times 1,3 \times 0,774}{0,46}$$

$$q_c = 0,005 \text{ m}^3$$

Com esse valor definido pôde-se calcular o peso do material (P) através da Equação 14:

$$P = \frac{1000 \times \gamma \times q_c}{C}$$

$$P = \frac{1000 \times 0,774 \times 0,005}{0,46}$$

$$P = 8,547 \frac{kgf}{m}$$

Uma vez que esses dados tenham sido determinados pôde-se calcular a potência do motor (N) que moverá o elevador, considerando uma eficiência de 90%, utilizando-se a Equação 13 e o Quadro 9 para determinar a velocidade e o diâmetro do pé do tambor:

$$N = \frac{V \times P[H + (12 \times D_2)]}{75 \times \eta}$$

$$N = \frac{1,3 \times 8,547 \times [20 + (12 \times 0,45)]}{75 \times 0,9}$$

$$N = 4,181 \text{ HP}$$

Para determinar a tensão efetiva na correia do equipamento, utilizou-se a Equação 16 e o Quadro 9 para determinar o diâmetro do pé do tambor e o passo das canecas:

$$T_e = \frac{[H + (12 \times D_2)] \times q_c \times \gamma \times 1000}{C}$$

$$T_e = \frac{[0,203 + (12 \times 0,45)] \times 0,005 \times 0,774 \times 1000}{0,46}$$

$$T_e = 47,889 \text{ kgf}$$

Por fim, para determinar a tensão máxima da corrente (T_1), utilizou-se a Equação 17 e os dados do Quadro 10 para determinar o valor de K:

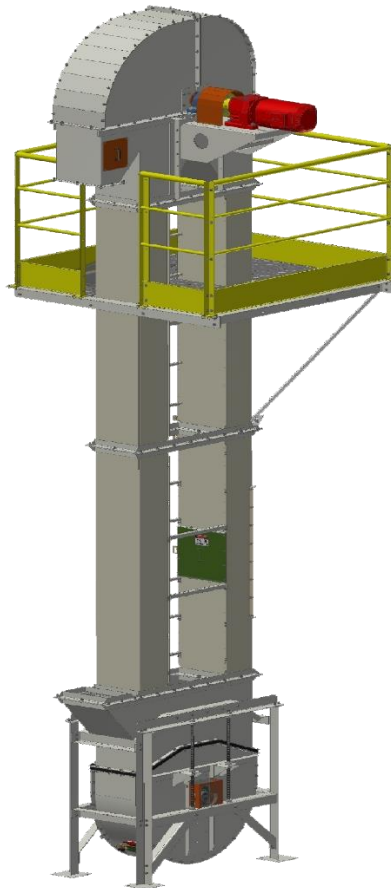
$$T_1 = (1 + K) \times T_e$$

$$T_1 = (1 + 0,80) \times 47,889$$

$$T_1 = 86,2 \text{ kgf}$$

O elevador de caneca idealizado para o projeto da fábrica de ração animal é representado na Figura 19.

Figura 19 - Elevador de canecas idealizado para o projeto.



Fonte: Metalúrgica Krabbe Ltda (2020).

Uma vez que todos os cálculos e valores pertinentes para o dimensionamento dos equipamentos envolvidos tenham sido realizados, pôde-se confeccionar a Tabela 5 para agrupar os resultados e facilitar a visualização e compreensão.

Tabela 5 - Resultados do dimensionamento dos silos, transportadores e elevadores do projeto.

Equipamentos dimensionados		
Silo		
Volume		208,2 m ³
Transportadores Redler		
Capacidade		40 ton/h
Série N°		1300
Tamanho da caixa		13 pol
Peso específico da ração		0,774 ton/m ³
Velocidade das correntes		0,29 m/s
Potência necessária		102,808 CV
Tensão nas correntes		26550,229 kgf
Elevadores de Canecas		
Capacidade		40 ton/h
Série N°		E-5000
Tipo do elevador		Centrífugo
Esticador e tambor		Por parafuso e tambor revestido
Massa específica da ração		0,774 ton/m ³
Velocidade		1,30 m/s
Altura de elevação		20 m
Distância entre centros das canecas		1,678 m
Potência do motor		4,181 HP
Capacidade de cada caneca		0,005 m ³
Passo das canecas		460 mm
Tensão efetiva da correia		47,889 kgf
Tensão máxima		86,2 kgf

Fonte: Do autor (2020).

Quanto ao setor de descarga das matérias-primas, as moegas, foi definido que para as características da empresa apenas duas moegas seriam necessárias. A primeira é uma moega rodoviária que fica na parte externa da empresa para fazer a descarga de caminhões a granel, esta será escavada no solo e contará com paredes inclinadas que direcionarão os grãos até o

transportador de correntes no fundo e posteriormente ao elevador de canecas para ser encaminhado aos silos.

A segunda moega é um equipamento interno e de menor porte para ser realizado apenas a descarga de *Big Bags* e sacarias, tanto da matéria-prima principal (milho, sorgo e farelos) quanto do material minoritário e micro-nutrientes (sal, uréia e fosfato bicálcico). Essas matérias-primas também serão por fim encaminhada aos silos de armazenamento através de transportadores e elevadores.

4.1.3 Especificações do misturador horizontal de pás

Em relação ao misturador de pás do projeto, definiu-se que o processo produtivo ocorreria em bateladas de 1 tonelada, logo, o misturador foi idealizado para que realizasse uma mistura eficiente de rações e que comportasse no mínimo 1 tonelada de material. Com essa determinação definida e baseando-se em dados de fornecedor, o equipamento recomendado foi o misturador horizontal de pás modelo GK-MHP1750, conforme ilustrado na Figura 20.

Figura 20 - Misturador horizontal de pás modelo GK-MHP1750 idealizado para o processo de produção de ração.



Fonte: Metalúrgica Krabbe Ltda (2020).

As características técnicas do equipamento foram fornecidas pelo fornecedor e são expostas pela Tabela 6.

Tabela 6 - Características do misturador de pás do projeto obtidas do fornecedor.

Misturador Horizontal de Pás GK-MHP1750	
Construção	Aço SAE 1020
Capacidade	1,75 m ³ - 1 tonelada por batida
Produtividade	15 a 20 bateladas por hora
Descarga	Comporta pneumática 1 x monoestável 24 Vcc
Travamento	Trava rotativa pneumática 1 x monoestável 24 Vcc
Acionamento elétrico	Motoredutor 34 rpm 15 kW/380 V/60 Hz
Sensores	Magnético de segurança nas portas laterais
Acabamento	Pintura anticorrosiva padrão

Fonte: Metalúrgica Krabbe Ltda (2020).

Como pode-se perceber pela Tabela 6, além do misturador atender a demanda de 1 tonelada por batelada, a capacidade do equipamento é de 1,75 m³, o que supera adequadamente o volume da formulação mais volumosa (A) e que permite uma mistura eficiente. Além disso, este equipamento consegue gerar um produto com coeficiente de variação de no máximo 5%, o que leva a um produto de qualidade e com boa homogeneidade, atendendo assim as exigências de um mercado cada vez mais exigente.

Outro ponto interessante do equipamento é sua descarga, a qual é feita através de uma comporta, e não gavetas, transportadores ou afins. Com essa configuração o equipamento apresenta uma agilidade e qualidade de descarga muito superior a outros modelos, o que leva a uma maior eficiência de produção e um menor tempo morto.

4.1.4 Especificações do moinho de martelos

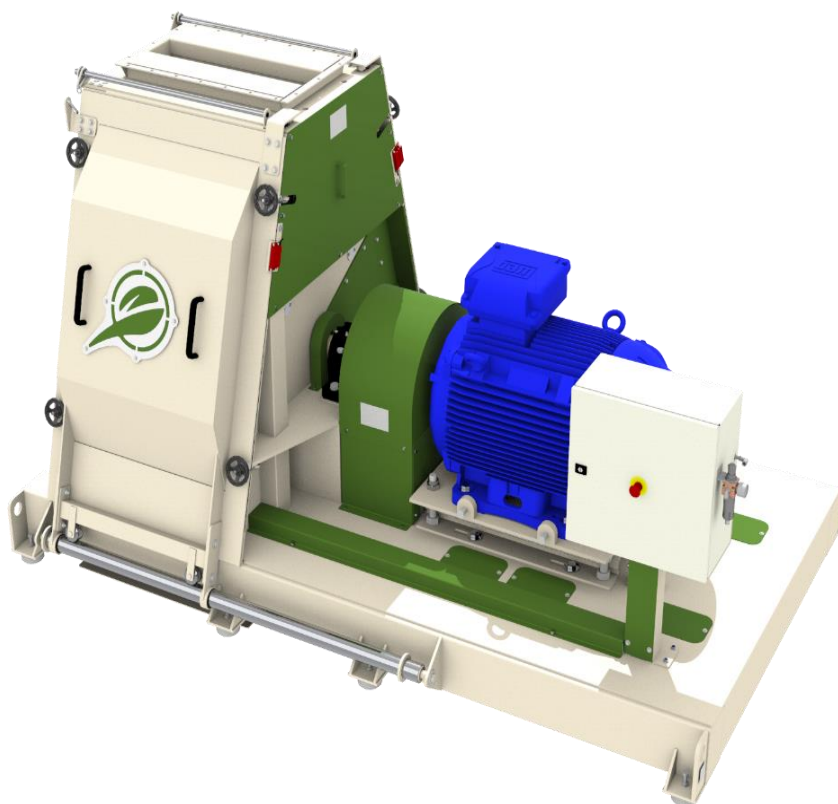
Primeiramente cabe destacar que a definição do modelo de moinho mais adequado para o tipo de empresa estudada foi definido através da literatura. Conforme autores como Gomide (1983) e Tadini et al. (2015), os moinhos de martelos são os mais utilizados em indústrias onde

a moagem de grãos se faz presente por apresentarem diversas vantagens como facilidade de limpeza, alta gama de materiais processados, baixa granulometria obtida e bom custo benefício.

Tendo em vista essas características e por meio de contato com um fabricante deste tipo de equipamento (Metalúrgica Krabbe Ltda.) definiu-se um moinho de martelos que atendesse as características pré-estabelecidas para a fábrica, como uma produtividade de 25 ton/h (definida no item 4.1.1 dos tempos de operação) e com granulometria ideal para gado leiteiro (DGM em torno de 600-700 μm) (POZZA et al., 2005).

O modelo de moinho de martelos mais adequado e recomendado pelo fabricante para esta capacidade produtiva e para o tipo de material pode ser visualizado através da Figura 21 segundo material disponibilizado pelo fornecedor.

Figura 21 - Moinho de martelos modelo GK-MMA532 idealizado para o projeto.



Fonte: Metalúrgica Krabbe Ltda (2020).

Uma vez que o modelo do moinho tenha sido definido, as principais características do equipamento seguem apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Características do moinho de martelos do projeto obtidas do fornecedor.

Moinho de martelos GK-MMA532	
Construção	Aço SAE 1020
Capacidade nominal	25 ton/h
DGM esperado	600 – 900 μm
DPG esperado	< 2%
Sentido de rotação	Duplo
Acionamento pneumático	3 x Biestável 24 Vcc
Acionamento elétrico	Motor 90 kW/380 V/60 Hz/163 A
Rotação síncrona	3600 rpm
Sensores	Magnético de segurança nas portas laterais
Acabamento	Pintura anticorrosiva padrão

Fonte: Metalúrgica Krabbe Ltda (2020).

Como pode-se observar pelos dados contidos na Tabela 7, a produtividade e DGM atendem as características desejadas. Além disso, com um Desvio Padrão Geométrico (DPG) de 2%, a qualidade, homogeneidade e digestibilidade do material produzido são consideradas de alta qualidade, o que aumenta o preço atribuído e o apelo comercial (OLIVEIRA, 2014).

4.1.5 Especificações da peletizadora e do resfriador

As etapas de peletização e resfriamento são os únicos pontos do processo em que o fornecedor contatado para apoio no projeto não desenvolve. Dessa forma, foi necessária a seleção do maquinário através de um segundo fornecedor, sendo escolhida a empresa multinacional Andritz. A Andritz é uma empresa com mais de uma década de experiência no mercado e que fornece equipamentos diversos para a área de rações em diversos países, sempre atendendo as demandas e especificações do cliente e do país vigente.

Para selecionar o equipamento adequado ao projeto, buscou-se em catálogos da empresa maquinários que atendessem a produtividade pré-estabelecida (15 ton/h), permitindo a peletização de materiais vegetais (como o milho principalmente) em temperaturas ideais (entre 70 e 90°C no caso do milho) (CUTLIP et al., 2008) e que apresentasse uma descarga eficiente e adequada para transportar ao setor de envase. Com base nesses dados, os modelos de

equipamentos selecionados foram a peletizadora Sprout 36TW-600 e o resfriador SCCR20. As características da peletizadora são expostas na Tabela 8.

Tabela 8 - Características mecânicas da peletizadora idealizada para o projeto.

Características	Atributo	
	Padrão	Opcional
Diâmetro superficial da matriz (cm ²)	8,625	-
Número de rolos	3	2
Potência máxima (Hp)	600	-
Frequência (Hz)	60	-
Produtividade	15 ton/h	-

Fonte: Andritz (2020).

Para melhor detalhamento do equipamento, o modelo da peletizadora idealizado para o projeto é representado na Figura 22.

Figura 22 - Peletizadora modelo Sprout 36TW-600 idealizada para o projeto.



Fonte: Andritz (2020).

Como pode-se perceber pelos dados obtidos na Tabela 8, as pré-determinações estabelecidas são atendidas de forma significativa, o que permite a aplicação do equipamento de forma satisfatória. Contudo, conforme Meurer et al. (2008) o processo de peletização resulta

em um material quente e com umidade significativa, o que aumenta a atividade água da ração e permite uma maior atividade microbiana.

Dessa foram, visando aumentar a preservação do material, além de ampliar sua estabilidade e favorecer seu estoque/transporte, a implementação de um resfriador se faz necessário. Como o equipamento de refrigeração é projetado para atender a produtividade da empresa e da peletizadora, estes são normalmente desenvolvidos pelo mesmo fornecedor, sendo que a Tabela 9 expõe as características da máquina escolhida (resfriador modelo SCCR20).

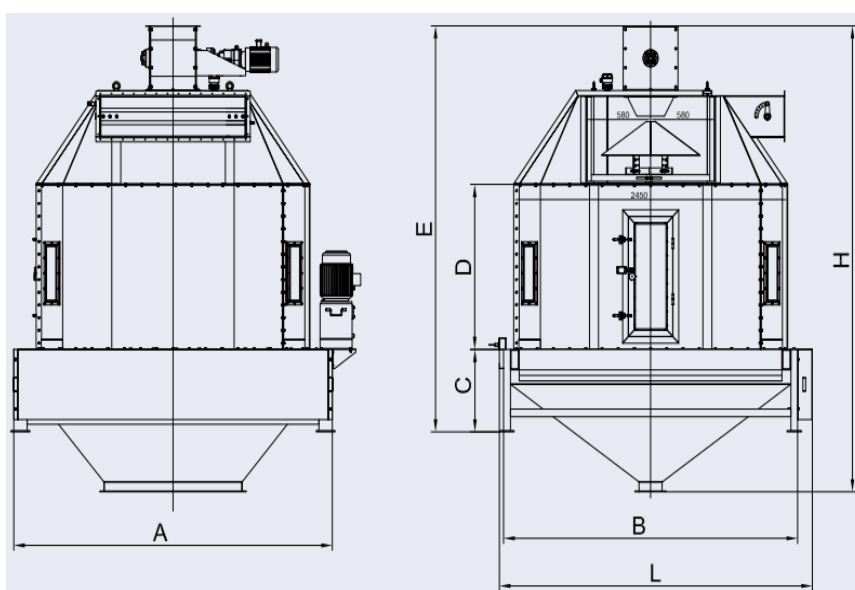
Tabela 9 - Características mecânicas do resfriador idealizado para o projeto.

Características	Atributo
Mecanismo de descarga	Válvula rotativa
Potência (kW)	1,5
Material	Aço inox
Capacidade (ton/h)	Até 20

Fonte: Andritz (2020).

Além dos dados exemplificados pela Tabela 9, segundo o fornecedor (ANDRITZ, 2020) o equipamento conta com uma estação hidráulica de 1,5 kW, cilindro de óleo e um funil inferior com guarda de proteção ao redor da estrutura de descarga. Outros dados obtidos são as dimensões da máquina, sendo estas representadas na Figura 23 e expostas na Tabela 10.

Figura 23 – Dimensões do resfriador modelo SCCR20 idealizado para o projeto.



Fonte: Andritz (2020).

Tabela 10 - Dimensões físicas do resfriador modelo SCCR20 idealizado para o projeto.

Dimensões	Valores (mm)
A	2850
B	2630
L	2700
H	3672
C	650
D	1300
E	3200

Fonte: Andritz (2020).

Por fim, para melhor visualização do equipamento, a Figura 24 expõe a máquina conforme o catálogo do fornecedor.

Figura 24 - Resfriador modelo SCCR20 idealizado para o projeto.



Fonte: Andritz (2020).

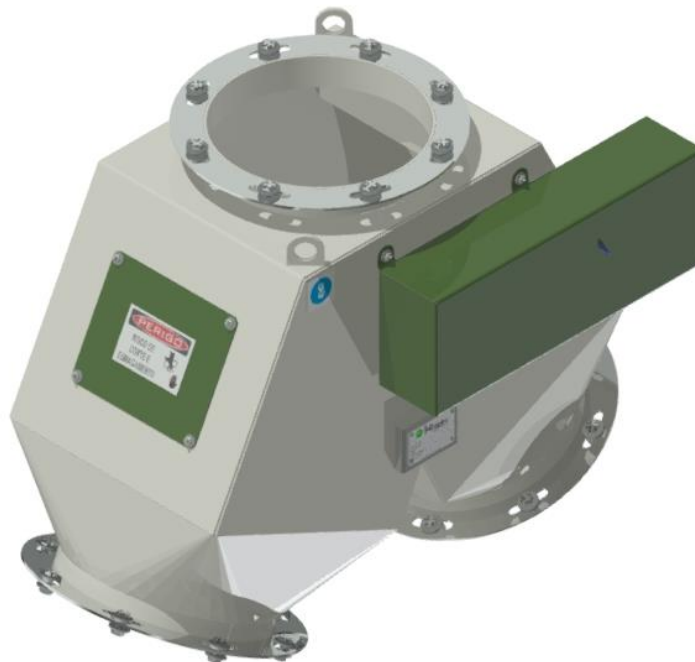
4.1.6 Especificações da envasadora

Como já mencionado na metodologia, o processo de envase idealizado para a empresa projetada deve atender a possibilidade de envase em mais de um recipiente, nominadamente, *Big Bags*, sacarias e/ou a granel. Além disso, o equipamento deve apresentar uma alta capacidade de produção e permitir o envase em mais de um recipiente ao mesmo tempo.

Outro ponto que deve ser considerado na seleção do equipamento é quanto as características físicas do produto. Como o material poderá ser peletizado, sua resistência física se reduz e este pode ser danificado mais facilmente, logo, o sistema de envase deve ser eficiente sem causar danos à ração, evitando assim que os *pellets* quebrem durante o manuseio nos diferentes tipos de embalagens e o material chegue danificado ao cliente.

Com todas essas definições o equipamento mais adequado e assim definido para o projeto foi uma envasadora de dupla gaveta, conforme exposta na Figura 25.

Figura 25 - Envasadora de gaveta dupla idealizada para o projeto da empresa.



Fonte: Metalúrgica Krabbe Ltda (2020).

Com a definição deste modelo de equipamento percebe-se que o envase é permitido em duas linhas simultâneas, podendo ser utilizados recipientes diferentes. Além disso, uma das

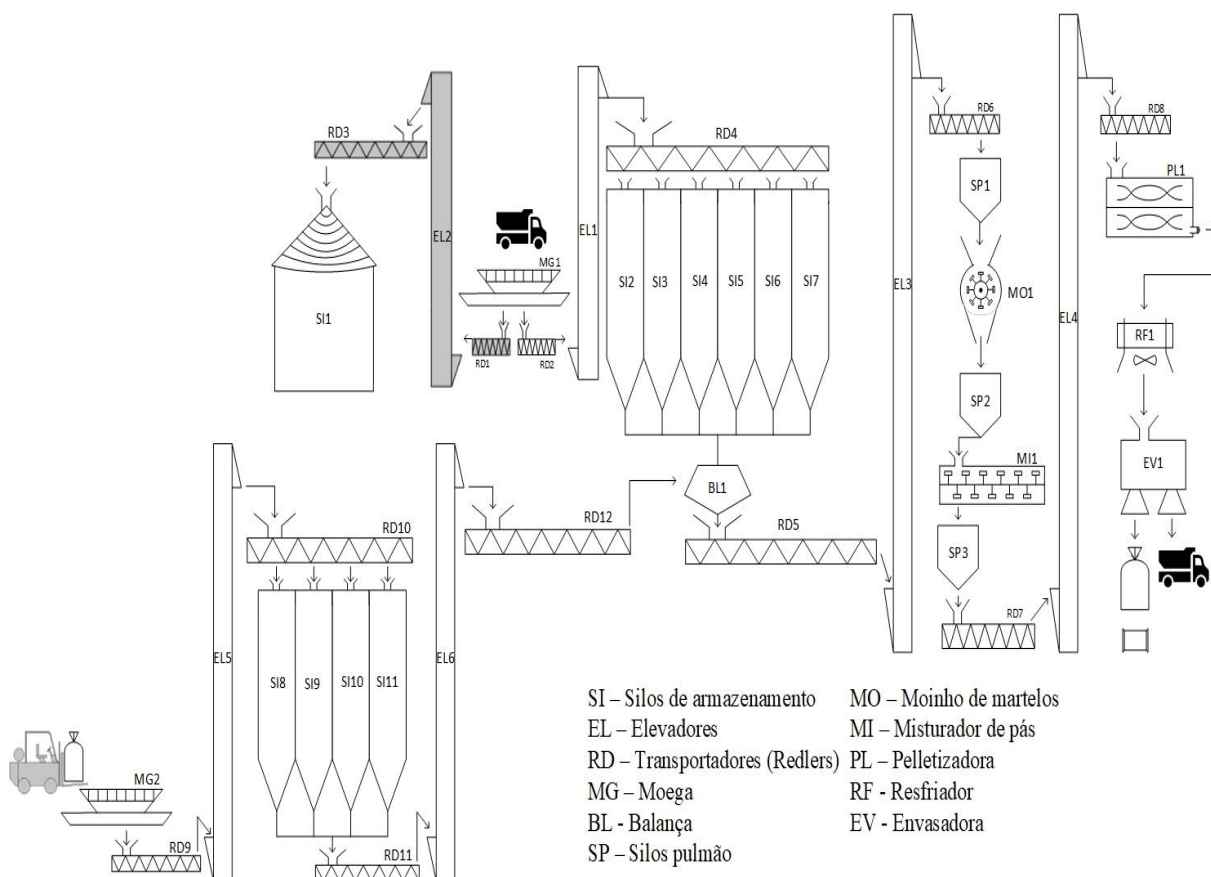
correntes pode ser desviada para silos de armazenamento (se desejado e/ou necessário) para estoque.

4.2 Piping and Instrumentation Diagram (P&ID) e lógica de controle do processo

Para idealizar as válvulas, instrumentos e equipamentos de segurança presentes na estrutura da fábrica foi montado um fluxograma do processo de fabricação da ração. Esse esquema de equipamentos é mostrado na Figura 26 e já expõe parcialmente como funciona o fluxo e movimentação da ração dentro do processo fabril.

Uma vez que o fluxograma do processo tenha sido desenvolvido, pôde-se idealizar a localização, identificação e quantidade de sistemas de controle e segurança envolvidos na atuação de cada equipamento. O *P&ID* de todo o processo produtivo é exposto na Figura 27.

Figura 26 - Esquema de equipamentos na fabricação de ração animal.



Fonte: Do autor (2020).

Os equipamentos mostrados na Figura 26 podem ser identificados no Quadro 11.






Quadro 11 - Identificação dos equipamentos do processo de fabricação da ração.

TAG	Identificação
SI	Silos de armazenamento
RD	Transportadores (Redlers)
EL	Elevadores de caneca
MG	Moegas
BL	Balança
SP	Silos pulmão
MO	Moinho de martelos
MI	Misturador de pás
PL	Peletizadora
RF	Resfriador
EV	Envasadora

Fonte: Do autor (2020).

Para facilitar a identificação e organização dos sistemas de controle, dividiu-se o processo da fábrica em 3 setores: a) armazenagem e dosagem de matéria-prima; b) processamento primário (moagem e mistura); c) processamento secundário (peletização), resfriamento e envase. A identificação (TAG) e simbologia de instrumentos e a simbologia de válvulas são detalhados no Quadro 12.

Quadro 12 - Identificação de TAGs e válvulas envolvidas no processo de fabricação.

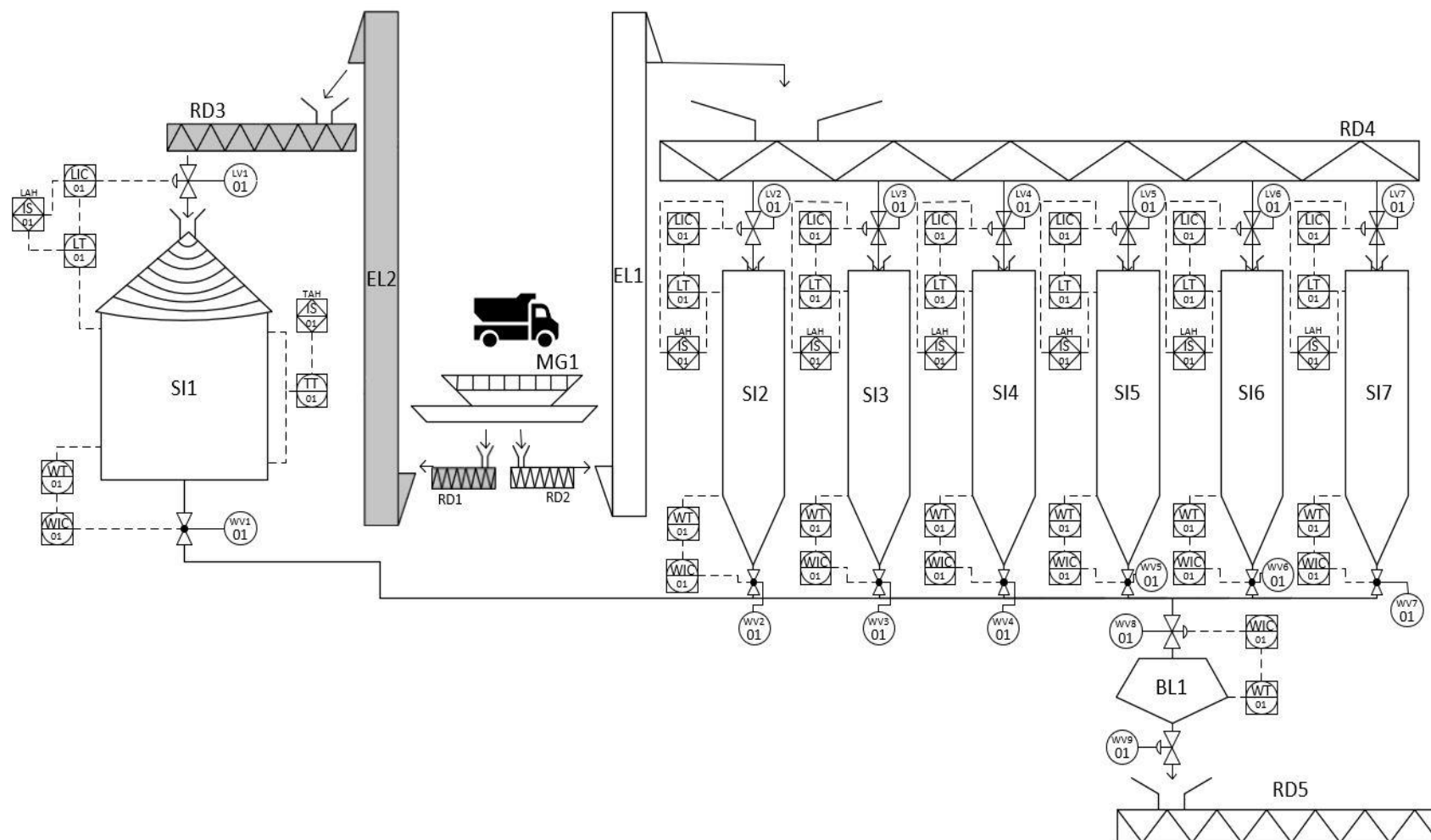
TAGs e válvulas	Identificação
	Válvula pneumática
	Válvula globo
	Instrumento compartilhado acessível ao operador
	Controlador lógico programável acessível ao operador
	Instrumento discreto montado no campo
LV	Válvula de nível
LAH	Alarme de nível alto
LIC	Controlador indicador de nível
IS	Intertravamento de segurança
PAH	Alarme de pressão alta
PT	Transmissor de pressão
IT	Transmissor de corrente
IAH	Alarme de corrente alta
TAH	Alarme de temperatura alta
TT	Transmissor de temperatura
TV	Válvula de temperatura
WIC	Controlador indicador de peso
WT	Transmissor de peso
WV	Válvulas de peso

Fonte: Do autor (2020).

4.2.1 Lógica de controle das unidades de armazenamento de macro componentes e balança

A Figura 28 amplia o sistema avaliado para melhor visualização e distinção dos equipamentos envolvidos.

Figura 28 - Sistema de silos de macro componentes e balança.



Fonte: Do autor (2020).

O setor em questão é composto por:

- SI1-SI7 (SI1 – Milho; SI2-SI3 – Sorgo; SI4-SI5 – Farelo de soja; SI6-SI7 – Farelo de trigo)
- EL1-EL2 (Elevadores de alimentação do SI2-SI7 e SI1, respectivamente)
- RD1-RD5 (Redlers do SI1-SI7)
- MG1 (Moega de recebimento da matéria-prima)
- BL1 (Balança de dosagem da ração)
- LV1-LV7 (válvula de carga do SI1-SI7)
- LV8 (válvula de descarga da BL1)
- WV1-WV8 (válvula de descarga do SI1-SI7)
- LAH (Alarme de nível alto do SI1-SI7)
- LIC (Controlador e indicador de nível do SI1-SI7)
- LT (Transmissor de nível do SI1-SI7)
- TAH (Alarme de temperatura alta do SI1)
- TT (Transmissor de temperatura do SI1)
- WT (Transmissor de peso do SI1-SI7)
- WIC (Controlador e indicador de peso do SI1-SI7)

No setor está disponível para o operador:

- Nível dos silos (SI1-SI7)
- Status das válvulas (LV1-LV8 e WV1-WV8)
- Temperatura no SI1
- Peso na BL1

A matéria-prima é descarregada na MG1 e transportada até os silos SI1 (silo de milho) ou SI2-SI7. O primeiro silo da linha é abastecido pela LV até atingir o nível máximo (95%), caso continue o carregamento é acionada a chave de nível alto (LAH) do silo e atua o intertravamento IS01, fechando a válvula e direcionando a carga para o silo consecutivo. Quando o carregamento termina, todas as LV são fechadas. Durante o processo de fabricação,

o operador determina a quantidade de material retirada de cada silo, acionando as válvulas WV1-WV7 e abastecendo a BL1 através da LV8. Quando a carga desejada é abastecida o material é direcionado ao transportador pela WV8.

Condição de segurança:

- Medidor de nível no limite superior dos silos SI1-SI7 e na BL1;
- Válvulas: LV1-LV8 são normalmente abertas; WV1-WV8 são normalmente fechadas.

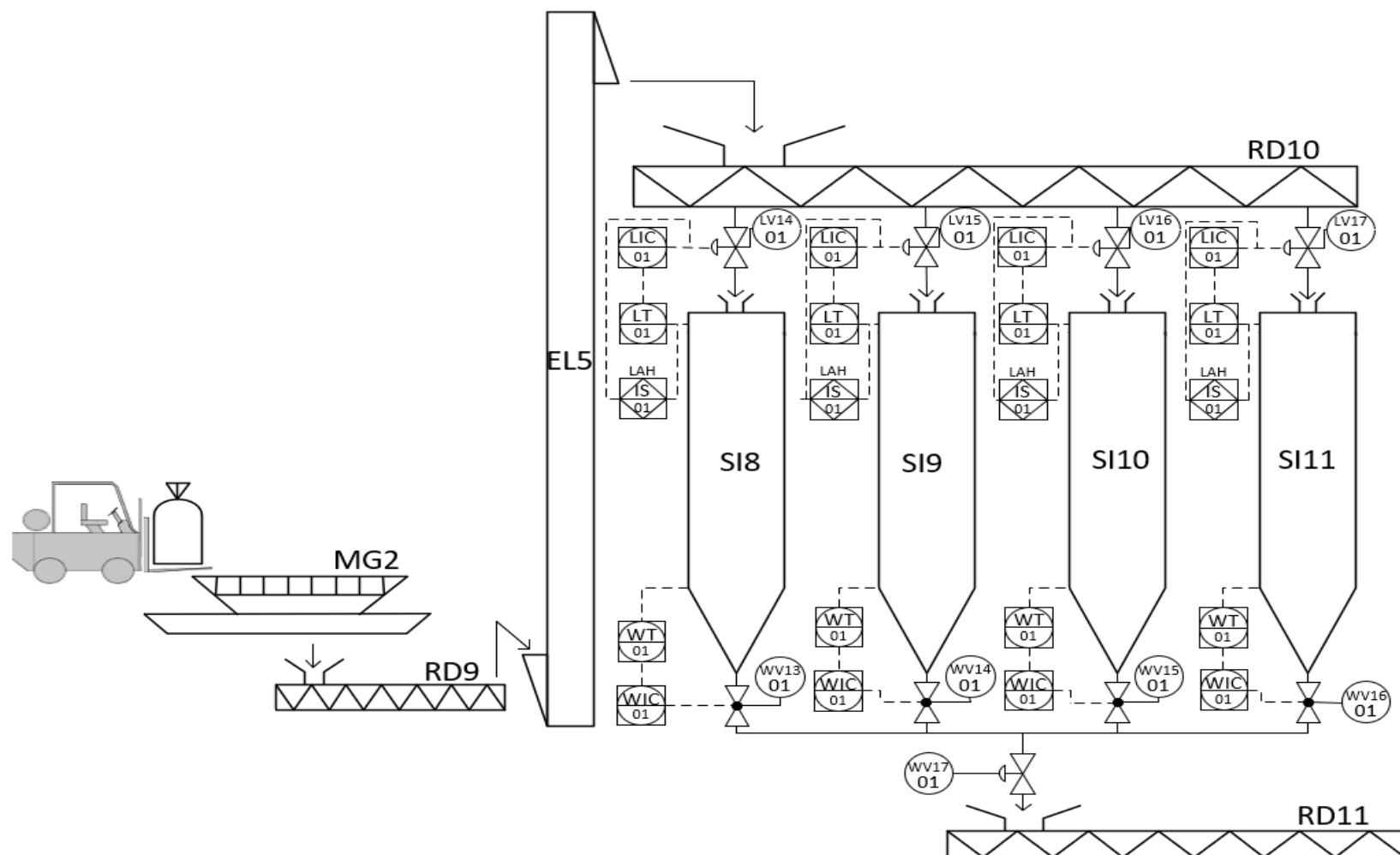
4.2.1.1 Falhas e alarmes nos silos de armazenamento e balança

- Se LV1-LV8 ou WV1-WV8 apresentarem falhas, mostra no supervisório (LV#/WV# em falha) e gera alarme sonoro até ser reconhecido pelo operador.
- Se a temperatura no SI1 > Temperatura máxima, mostra no supervisório (Temperatura alta em SI1) e gera alarme sonoro até reconhecimento do operador.
- Se o nível no SI1-SI7 > Nível máximo (95%), mostra no supervisório (Nível alto em SI#), gera alarme sonoro até reconhecimento do operador e manda fechar válvula LV#.

4.2.2 Lógica de controle das unidades de armazenamento de micro nutrientes e suplementos

A Figura 29 amplia o sistema avaliado para melhor visualização e distinção dos equipamentos envolvidos.

Figura 29 - Sistema de silos de micro nutrientes e suplementos.



Fonte: Do autor (2020).

O setor em questão é composto por:

- SI8-SI11 (SI8 – Sal Comum; SI9 – Sal mineral; SI10 – Uréia; SI11 – Fosfato Bicálcico)
- EL5 (Elevadores de alimentação do SI8-SI11)
- RD1-RD5 (Redlers do SI1-SI7)
- MG2 (Moega de recebimento da matéria-prima)
- LV14-LV17 (de carga do SI8-SI11)
- WV13-WV17 (de descarga do SI8-SI11)
- LAH (Alarme de nível alto do SI8-SI11)
- LIC (Controlador e indicador de nível do SI8-SI11)
- LT (Transmissor de nível do SI8-SI11)
- WT (Transmissor de peso do SI8-SI11)
- WIC (Controlador e indicador de peso do SI8-SI11)

No setor está disponível para o operador:

- Nível dos silos (SI8-SI11)
- Status das válvulas (LV14-LV17 e WV13-WV17)

A matéria-prima é descarregada na MG2 e transportada até os silos SI8-SI11. O primeiro silo da linha é abastecido pela LV até atingir o nível máximo (95%), caso continue o carregamento é acionada a chave de nível alto (LAH) e atua o intertravamento IS01, fechando a válvula e direcionando a carga para o silo consecutivo. Quando o carregamento termina, todas as LV são fechadas. Durante o processo de fabricação, o operador determina a quantidade de material retirada de cada silo, acionando as WV13-WV17 e abastecendo a BL1. Quando a carga desejada é abastecida o material é direcionado ao transportador pela WV8.

Condição de segurança:

- Medidor de nível no limite superior dos silos SI8-SI11;
- Válvulas: LV14-LV17 são normalmente abertas; WV13-WV17 são normalmente fechadas.

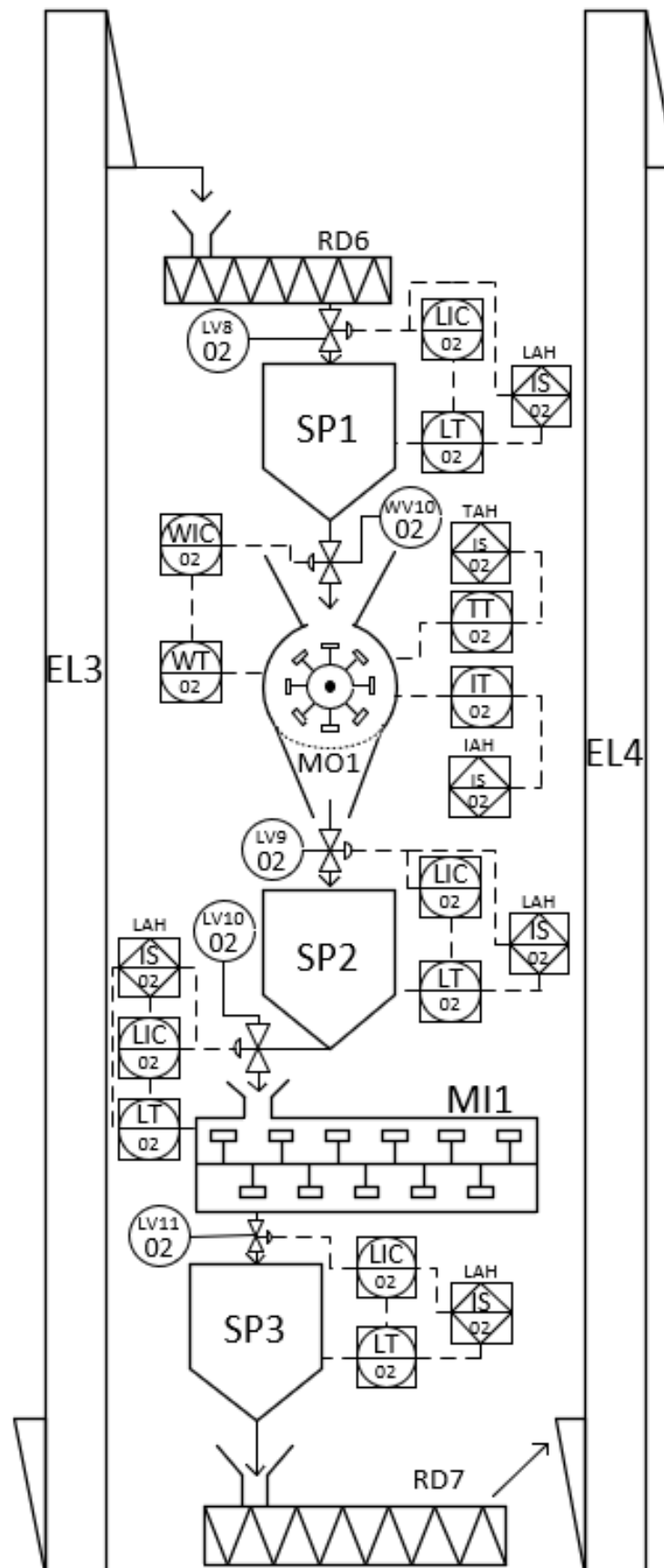
4.2.2.1 Falhas e alarmes nos silos de micro nutrientes e suplementos

- Se LV14-LV17 ou WV13-WV17 apresentarem falhas, mostra no supervísório (LV#/WV# em falha) e gera alarme sonoro até ser reconhecido pelo operador.
- Se o nível no SI8-SI11 > Nível máximo (95%), mostra no supervísório (Nível alto em SI#), gera alarme sonoro até reconhecimento do operador e manda fechar válvula LV#.

4.2.3 Lógica de controle das unidades de moagem e mistura

A Figura 30 amplia o sistema avaliado para melhor visualização e distinção dos equipamentos envolvidos.

Figura 30 - Sistema de moagem e mistura da ração.



Fonte: Do autor (2020).

O setor em questão é composto por:

- SP1-SP3 (SP1 – Silo pulmão pré moagem; SP2 – Silo pulmão pré mistura; SP3 – Silo pulmão pós mistura)
- EL3-EL6 (Elevador de alimentação da torre de moagem; Elevador de alimentação da torre de peletização)
- RD6-RD7 (Redler da alimentação e descarga da torre)
- LV8-LV11 (de carga do SP1, SP2, MI1 e SP3)
- WV10 (de carga do MO1)
- LAH (Alarme de nível alto do SP1-SP3 e MI1)
- LIC (Controlador e indicador de nível do SP1-SP3 e MI1)
- LT (Transmissor de nível do SP1-SP3 e MI1)
- IAH (Alarme de corrente alta no MO1)
- IT (Transmissor de corrente do MO1)
- TAH (Alarme de temperatura alta do MO1)
- TT (Transmissor de temperatura do MO1)
- WT (Transmissor de peso do MO1)
- WIC (Controlador e indicador de peso do MO1)

No setor está disponível para o operador:

- Nível dos equipamentos (SP1-SP3, MO1, MI1)
- Peso do MO1
- Temperatura do MO1
- Corrente do MO1
- Status das válvulas (LV8-LV11 e WV10)

A matéria-prima proveniente do EL3 é descarregada pelo RD6 no silo SP1. O SP1 é carregado pela LV8 até que o nível de ração atinja o nível de 90%. Quando o processo é concluído fecha-se a válvula localizada na parte superior do silo e o material é descarregado pela WV10. A ração é moída no MO1 e em seguida encaminhada para o SP2 através da LV9.

Por fim, o material é misturado no MI1 e transferido para o SP3 através da LV11, sendo posteriormente encaminhado para a próxima etapa (EL4).

Condição de segurança:

- Medidor de nível no limite superior dos equipamentos SP1-SP3, MO1, MI1;
- Medidor de temperatura máxima no MO1
- Medidor de corrente máxima no MO1
- Válvulas: LV9-LV11 e WV10 são normalmente abertas; LV8 são normalmente fechadas.

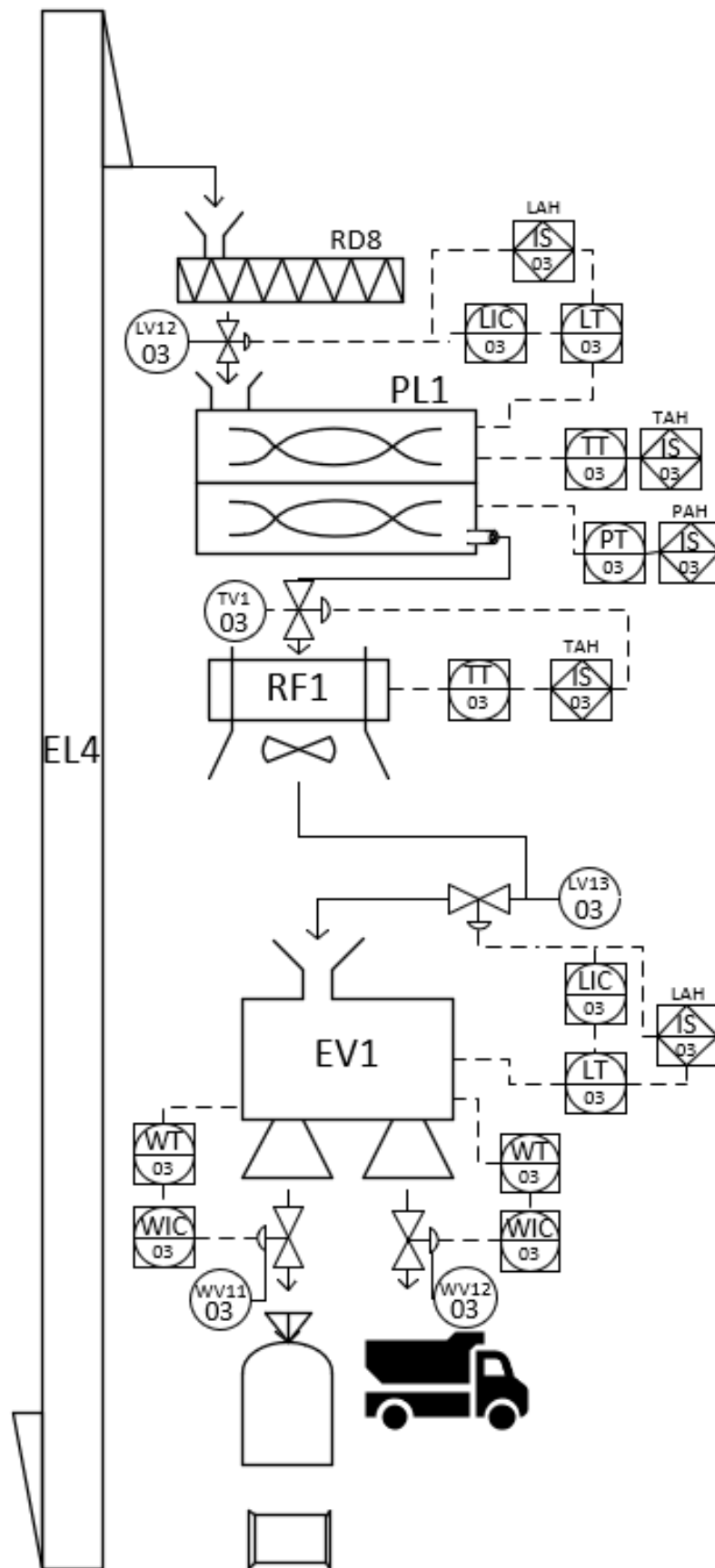
4.2.3.1 Falhas e Alarmes na moagem e mistura

- Se LV9-LV11 ou WV10 apresentarem falhas, mostra no supervisório (LV#/WV# em falha) e gera alarme sonoro até ser reconhecido pelo operador.
- Se a temperatura no MO1 > Temperatura máxima (50°C), mostra no supervisório (Temperatura alta em MO1), gera alarme sonoro até reconhecimento do operador e desarma o equipamento.
- Se a corrente no MO1 > Corrente máxima (196 A), mostra no supervisório (Corrente alta em MO1), gera alarme sonoro até reconhecimento e desarma o equipamento.
- Se o nível no SP1-SP3, MO1 e/ou MI1 > Nível máximo (95%), mostra no supervisório (Nível alto em SP#/MO1/MI1), gera alarme sonoro até reconhecimento do operador e fecha a válvula LV# e/ou WV10.

4.2.4 Lógica de controle das unidades de peletização, resfriamento e envase

A Figura 31 amplia o sistema avaliado para melhor visualização e distinção dos equipamentos envolvidos.

Figura 31 - Sistema de peletização e envase.



Fonte: Do autor (2020).

O setor em questão é composto por:

- PL1 (Peletizadora)
- RF1 (Resfriador)
- EV1 (Envasadora de dupla descarga)
- RD8 (Redler da alimentação da torre)
- LV12-LV13 (de carga da PL1 e EV1)
- WV11-WV12 (de descarga da EV1)
- TV1 (de carga do RF1)
- LAH (Alarme de nível alto da PL1 e EV1)
- LIC (Controlador e indicador de nível da PL1 e EV1)
- LT (Transmissor de nível da PL1 e EV1)
- PAH (Alarme de pressão alta na PL1)
- PT (Transmissor de pressão da PL1)
- TAH (Alarme de temperatura alta da PL1)
- TT (Transmissor de temperatura da PL1)
- WT (Transmissor de peso da EV1)
- WIC (Controlador e indicador de peso da EV1)

No setor está disponível para o operador:

- Nível dos equipamentos (PL1 e EV1)
- Peso da EV1
- Temperatura da PL1
- Temperatura do RF1
- Pressão da PL1
- Status das válvulas (LV12-LV13 e WV11-WV12)

A ração é descarregada pelo RD8 na PL1. A PL1 é carregada pela LV12 até que a quantidade de ração atinja nível máximo (90%). Quando a carga é concluída, fecha-se a alimentação pela válvula LV12 e realiza-se o processo de peletização, sendo o material descarregado pela TV1 no RF1. A ração peletizada e resfriada é encaminhada para a EV1 através da LV13 e em seguida envasada no tipo de recipiente desejado, sendo *Big Bag* e sacaria pela WV11 e a granel pela WV12.

Condição de segurança:

- Medidor de nível no limite superior dos equipamentos PL1 e EV1;
- Medidor de temperatura máxima na PL1
- Medidor de temperatura máxima no RF1
- Medidor de pressão máxima na PL1
- Válvulas: LV12-LV13 e TV1 são normalmente abertas; WV11-WV12 são normalmente fechadas.

4.2.4.1 Falhas e Alarmes na peletização, resfriamento e envase

- Se LV12-LV13, WV11-WV12 ou TV1 apresentarem falhas, mostra no supervisório (LV#/WV#/TV1 em falha) e gera alarme sonoro até ser reconhecido pelo operador.
- Se a temperatura na PL1 > Temperatura máxima (110°C), mostra no supervisório (Temperatura alta em PL1), gera alarme sonoro até reconhecimento do operador e desarma o equipamento.
- Se a temperatura na RF1 > Temperatura máxima (50°C), mostra no supervisório (Temperatura alta em RF1), gera alarme sonoro até reconhecimento do operador e desarma o equipamento.
- Se a pressão na PL1 > Pressão máxima (4 atm), mostra no supervisório (Pressão alta em PL1), gera alarme sonoro até reconhecimento, desarma o equipamento e fecha a válvula LV12.
- Se o nível no PL1 e/ou EV1 > Nível máximo (95%), mostra no supervisório (Nível alto em PL1/EV1), gera alarme sonoro até reconhecimento do operador e fecha a válvula LV#.

4.3 Análise financeira

A análise financeira com modelo *PAYBACK* é realizada com a utilização de alguns dados de custo fixo (investimento) e alguns dados médios mensais, os quais entram no cálculo de custos mensais para definir o custo de produção e o lucro anual da empresa. Em relação aos dados utilizados nesta seção, alguns dados foram obtidos através da própria empresa que pretende implementar futuramente uma nova fábrica de ração similar à projetada e outros dados através de contato com fornecedores e fabricantes.

Quanto aos valores incorporados e relacionados ao investimento da nova fábrica, cabe ressaltar o custo de equipamentos orçados para o projeto da empresa e o custo de construção da sede física, projeto, engenharia e móveis. Segundo dados obtidos dos fornecedores de maquinário do processo, o custo de equipamentos é estimado em R\$ 5.930.000 milhões. Já em relação aos custos da sede física, conforme dados disponibilizados pela empresa de farinhas através de orçamentos com construtoras, pode-se considerar um valor em torno de R\$ 5 milhões, contudo, ainda que este valor possa sofrer alterações até o final da obra de implantação, o valor citado é o estimado e aprovado pela empresa até o momento, sendo assim utilizado no cálculo. Com estes dados estabelecidos, a Tabela 11 expõe os valores considerados nos custos de investimento.

Tabela 11 - Valores considerados para o custo de investimento do projeto.

Parâmetro	Custo (R\$)
Equipamentos em geral	5.930.000,00
Sede física (construção, projeto, engenharia, móveis, entre outros)	5.000.000,00
Total	10.930.000,00

Fonte: Do autor (2020).

Salienta-se ainda que em relação ao valor referente aos equipamentos citado na Tabela 11, não foram contabilizados as válvulas e sistemas de segurança devido ao não recebimento de dados orçamentais e a falta de dados encontrados em catálogos e mídias digitais dos fornecedores. Já em relação aos valores ligados ao custo de produção e o valor do quilograma de produto acabado, levou-se em consideração a despesa mensal média da empresa em diversos pontos. A Tabela 12 expõe alguns valores admitidos para determinar o custo de produção.

Tabela 12 – Despesa média mensal considerada no custo de produção da ração.

Parâmetro	Custo (R\$)
Salário dos colaboradores (em torno de 100 colaboradores em setores de nutrição, apoio e transporte)	269.630,57
Custo de logística (combustível, manutenção, viagem, entre outros)	491.112,58
Custo mensal de água	60,00
Custo mensal de eletricidade (custo de setembro de 2020 + cálculo do consumo energético da peletizadora e resfriador)	51.714,86
Valor médio de aluguel	23.500,00
Total	836.018,01

Fonte: Do autor (2020).

Quanto aos dados da Tabela 12, o consumo de água apresenta um valor baixo devido a presença e consumo de água de um poço artesiano nas dependências da empresa, o que leva a um valor mensal apenas sobre o serviço de água. Já quanto ao consumo energético mensal estipulado para a empresa atual é de cerca de R\$13.000,00, sendo que os equipamentos presentes são muito similares aos idealizados para o projeto, o que justifica a utilização desse valor. Contudo, a empresa atual não contém sistema de peletização e refrigeração, logo, o custo energético desses equipamentos foram calculados separadamente com a Equação 19.

$$C_E = \frac{P_T \times t \times D_{OP}}{C_{kWh}} \quad \text{Eq. 19}$$

Onde: C_E = Custo energético (R\$/mês); P_T = Potência do equipamento (kW); t = Tempo de operação (h); D_{OP} = Dias de operação (dias); C_{kWh} = Custo médio nacional do kWh (R\$/kWh)

$$C_{E,PELETIZADORA} = \frac{447,42 \times 8 \times 22}{0,49} = R\$ 38.585,50 \text{ por mês}$$

$$C_{E,RESFRIADOR} = \frac{1,5 \times 8 \times 22}{0,49} = R\$ 129,36 \text{ por mês}$$

Com esses valores somados aos R\$13.000,00 médios mensais, chega-se ao valor de R\$51.714,86 por mês exposto na Tabela 12. Cabe também ressaltar que os valores utilizados para a potência dos equipamentos foram obtidos através de dados de fornecedores, sendo 600

HP (447,42 kW) para a peletizadora e 1,5 kW para o resfriador. O tempo de operação da fábrica projetada havia sido definido em 8 h/dia, contando que a empresa funcionará em média 22 dias por mês.

Uma vez que a despesa média mensal de operação da fábrica foi determinada, pode-se calcular o custo de produção da ração. Levando em conta que a empresa foi projetada para produzir 120 ton/dia, tem-se uma produtividade de 2.640.000,00 kg/mês, com isso, dividindo o custo de operação pela quantidade de ração produzida obtém-se um custo do produto de R\$ 0,32 por quilograma. Partindo-se do custo de produção e visando um lucro aproximado de 25% sobre o produto, verifica-se que o valor de venda da ração é de R\$ 0,40 por quilograma.

Por fim, admitindo uma venda diária igual a produtividade máxima da fábrica, ou seja, uma venda diária de 120 toneladas, e considerando o valor do quilo de ração igual a R\$ 0,40, obtém-se um rendimento diário da fábrica de R\$ 48.000,00 e um rendimento mensal de R\$ 1.056.000,00. Com isso, sabendo que o custo mensal é de R\$ 836.018,01 (conforme Tabela 12), pode-se estimar que o lucro mensal da fábrica seria de R\$ 219.981,99 e o lucro anual de R\$ 2.639.783,88. A Tabela 13 expõe um resumo dos dados obtidos nesta análise financeira do projeto.

Tabela 13 - Parâmetros e resultados obtidos na análise financeira do processo.

Parâmetro	Resultado
Produtividade diária	120 ton/dia
Produtividade mensal	2.640.000,00 kg/mês
Custo de produção do material	R\$ 0,32
Custo de venda do produto	R\$ 0,40
Rendimento diário	R\$ 48.000,00
Rendimento mensal	R\$ 1.056.000,00
Custo de produção	R\$ 836.018,01
Lucro mensal	R\$ 219.981,99
Lucro anual	R\$ 2.639.783,88

Fonte: Do autor (2020).

Tendo os valores de investimento (Tabela 11) e de lucro anual definidos, pode-se aplicar a Equação 18 referente ao *PAYBACK*.

$$PAYBACK = \frac{\text{Valor do investimento}}{\text{Retorno anual}}$$

$$PAYBACK = \frac{10.930.000,00}{2.639.783,88} = 4,14 \text{ anos}$$

Dessa forma, conforme obtido pelo cálculo de PAYBACK, pode-se concluir que após 4 anos de funcionamento da fábrica, com as devidas definições e limitações já expostas, terá sido quitado o valor investido e todo lucro obtido será de pleno usufruto da empresa. Contudo, cabe lembrar que as definições financeiras são baseadas em dados e cotações de mercado atuais, logo, alterações e flutuações no mercado de equipamentos e do dólar podem levar a mudanças significativas dos valores encontrado, tornando necessário uma reanálise antes da implementação real da empresa.

5 CONCLUSÃO

Uma vez que todos os dados dispostos para o projeto tenham sido abordados, pode-se perceber que o desenvolvimento e implementação de uma empresa de ração com base em cereais é um processo extenso, que aborda diversas operações unitárias e que requer conhecimentos diversos sobre diferentes setores e detalhes do mercado.

Tomando como base a empresa de nutrição atual que opera com FOAs destinadas para consumo animal, além da ideia de diversificar sua operação, o trabalho se comprometeu a projetar uma empresa funcional e que no futuro possa vir a ser implementada no mercado. Com isso, definindo a produtividade diária em 120 toneladas, pôde-se dimensionar diversos equipamentos presentes dentro do processo produtivo, como os silos de armazenamento, os transportadores e os elevadores de transporte da ração. Outros equipamentos foram estimados em função de dados de produção e de processo com catálogos e dados fornecidos por fabricantes.

Além disso, realizando análises dos tempos de operação pôde-se definir os modelos mais adequados dos equipamentos majoritários utilizados na fábrica, como o moinho de martelos, o misturador de pás, o tipo de peletizadora, resfriador e o sistema de envase para atender todos os meios de comercialização da ração (ensacado, *Big Bags* e granel) de forma eficiente e sem causar danos ao produto.

Outro ponto importante a ser destacado foi o detalhamento do sistema de segurança da fábrica e dos seus equipamentos, sendo confeccionado um diagrama *P&ID* onde pôde-se realizar o levantamento de todas as válvulas, alarmes e equipamentos interligados necessários

para manter o controle do processo, além de posicioná-los no fluxograma operacional da empresa e definir a lógica de controle envolvida.

Por fim foi avaliada a questão financeira da empresa, estimando-se o custo de investimento (R\$10.930.000,00) e o lucro anual (R\$2.639.783,88) esperado, onde pôde-se verificar um tempo de aproximadamente 4 anos para recuperar o valor investido pela empresa no projeto através de análise *PAYBACK*.

Assim, percebe-se que um projeto de uma nova instalação fabril requer uma vasta gama de habilidades e percepções, abordando diferentes funções e diversas áreas de estudo para o engenheiro químico, como busca de dados de produção, de processo, aplicações de conhecimentos nas áreas de instrumentação e controle, operações unitárias, abordagem de conceitos financeiros, além do contato com empresas e fabricantes da área, o que estimula a proposição de ideias e torna-se assim um campo de grande aprendizagem e desenvolvimento na carreira.

REFERÊNCIAS

ABINPET, Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação. Disponível em: <<http://abinpet.org.br/site/mercado/>>. Acesso em 19 fev. 2020.

ABRA. Associação Brasileira de Reciclagem Animal. **I Diagnóstico da indústria brasileira de reciclagem animal**. 2013. Disponível em: <https://abra.ind.br/wp-content/uploads/2017/10/I_diagnostico.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2020.

ALONSO, R.; ORÚE, E.; ZABALZA, M. J.; GRANT, G.; MARZO, F. Effect of extrusion cooking on structure and functional properties of pea and kidney bean proteins. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 397-403, 2000. Disponível em: <[https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1097-0010\(200002\)80:3%3C397::AID-JSFA542%3E3.0.CO;2-3](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1097-0010(200002)80:3%3C397::AID-JSFA542%3E3.0.CO;2-3)>. Acesso em: 11 mar. 2020.

ANDRITZ. Peletizadora de ração animal. 2020. Disponível em: <<https://www.andritz.com/resource/blob/19108/5331101f5c5977cc69db96d2bb02e141/fb-pellet-mills-animal-en-data.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2020.

ANDRITZ. Refrigerador de *pellets* de ração animal. 2020. Disponível em: <<https://www.andritz.com/resource/blob/325230/ede73f328e568321eaa121399b99e3ee/sh-cooler-feed-and-biofuel-data.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2020.

AMORIM, A. L.; CORONEL, D. A.; TEIXEIRA, E. C. A agropecuária na economia brasileira: uma análise de insumo-produto. **Perspectiva Econômica**, v. 5, pp. 01-19, 2009.

Disponível em:

<http://revistas.unisinos.br/index.php/perspectiva_economica/article/view/4294>. Acesso em: 18 fev. 2020.

ANJOS, D.; ALVES, M. J. Avaliação da qualidade de mistura de ração em misturador horizontal. In: Simpósio de TCC e Seminário de IC do Centro Universitário ICESP, XVIII e XV, 2019(18), Brasília, DF. Disponível em:

<http://nippromove.hospedagemdesites.ws/anais_simposio/arquivos_up/documentos/artigos/97b14e1757b473c7b21dc0273968903e.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2020.

ANTONIK, L. R. A administração financeira das pequenas e médias empresas: ferramentas financeiras simples auxiliam na gestão da empresa e orientam a tomada de decisões. **FAE Business**, n. 8, p. 35-38, 2004. Disponível em:

<<http://ead.senar.org.br/lms/webroot/uploads/senargo/shared/mensagens/40537-667.pdf>>.

Acesso em: 28 mar. 2020.

ARROYO, E.; HOERNICKE, M.; RODRÍGUEZ, P.; FAY, A. Automatic derivation of qualitative plant simulation models from legacy piping and instrumentation diagrams.

Computers & Chemical Engineering, v. 92, p. 112-132, 2016. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098135416301363>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

AUGUSTO, D. B.; ALEM, D.; TOSO, E. A. V. Planejamento adregado na indústria de nutrição animal sob incertezas. **Production**, v. 26, pp. 12-27, 2016. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132016000100012&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 18 fev. 2020.

AVAZKHANLOO, M.; SHAHIR, M. H.; KHALAJI, S.; ANARKOOLI, I. J. Flaxseed extrusion and expansion coupled with enzyme and pelleting changed protein and lipid molecular structure of flaxseed and improved digestive enzymes activity, intestinal morphology, breast muscle fatty acids and performance of broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 260, 2020. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840119301956>>. Acesso em: 11 mar. 2020.

BARMORE, J. A. Fine-tuning the ration mixing and feeding of high producing herds. **Tri-State Dairy Nutrition Conference**, pp. 103-126, 2002. Disponível em:
<<https://www.semanticscholar.org/paper/Fine-Tuning-the-Ration-Mixing-and-Feeding-of-High-Barmore/8569180e00ec3a56bd315abe513ba4ff1e35eaff>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

BASEGIO, R. R. **Fabricação de ração animal em cabo verde: UPRANIMAL**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Agrônoma) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/151057>>. Acesso em: 04 dez. 2020.

BECK, S. M.; KNOERZER, K.; ARCOT, J. Effect of low moisture extrusion on a pea protein isolate's expansion, solubility, molecular weight distribution and secondary structure as determined by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). **Journal of Food Engineering**, v. 214, p. 166-174, 2017. Disponível em:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877417302832>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

BELLAVER, C.; LUDKE, J. V.; LIMA, G. J. M. M. Qualidade e padrões de ingredientes para rações. In: Global Feed & Food Congress, 2005, São Paulo, SP. Disponível em:
<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/qualidade_e_padroes_de_ingredientes_para_racoes_000fz2mu6gc02wx5ok0ejlyhdrhsmild.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2020.

BELLAVER, C.; NONES, K. A importância da granulometria, da mistura e da peletização da ração avícola. In: Simpósio Goiano de Avicultura, IV, 2000, Goiania, GO. Disponível em:
<http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_arquivos/palestras_t8115r4z.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2020.

BEUS, F. C. Vivência numa fábrica de rações para alimentação animal. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2017. Disponível em:
<<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/179719>>. Acesso em: 13 mar. 2020.

BLACK, J. L. Challenges to adoption of nutritional knowledge in the animal industries. **Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism**, v. 8, pp. 62-63, 2017. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/319126800_Challenges_to_adoption_of_nutritional_knowledge_in_the_animal_industries>. Acesso em: 20 fev. 2020.

BRAGA, R.; NOSSA, V.; MARQUES, J. A. V. C. Uma proposta para a análise integrada da liquidez e rentabilidade das empresas. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 15, p. 51-61, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-70772004000400004>. Acesso em: 27 mar. 2020.

BRANORTE. 2020. Disponível em: <<http://mbranorte.com.br/produto/moinho-martelo-triturador-graos-branorte-metalurgica-ltda-me/>>. Acesso em: 01 mar. 2020.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 17**, de 7 de abril de 2008. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-17-de-7-de-abril-de-2008.pdf/view>>. Acesso em: 03 mar. 2020.

CARLSON, E. C. Don't gamble with physical properties for simulations. **Chemical Engineering Progress**. p. 35-46, 1996. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/2fd4/2d66fb3a658a01d7bcd4c4c025a72c6f5e88.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2020.

CARMICHAEL, D. G.; BALATBAT, M. C. A. Probabilistic DCF Analysis and Capital Budgeting and Investment—a Survey. **The Engineering Economist**, v. 53, p. 84-102, 2008. Disponível em: <>. Acesso em: 28 mar. 2020.

CARREÑO, N. L. V.; GARCIA, I. T. S.; SANTOS, L. P. S.; FABBRO, M. T.; KEYSON, D.; LEITE, E. R.; LONGO, E.; FAJARDO, H. V.; PROBST, L. F. D. Nanocompósitos cerâmicos a partir do processo de moagem mecânica de alta energia. **Química Nova**, v. 31, pp. 962-968, 2008. Disponível em: <<https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/5084>>. Acesso em: 02 mar. 2020.

CHOKSHI, R.; ZIA, H. Hot-melt extrusion technique: a review. **Iranian Journal of Pharmaceutical Research**, v. 3, p. 3-16, 2004. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/26617890_Hot-melt_Extrusion_Technique_A_Review>. Acesso em: 10 mar. 2020.

COFFEY, D.; DAWSON, K.; FERKET, P.; CONNOLLY, A. Review of the feed industry from a historical perspective and implications for its future. **Journal of Applied Animal Nutrition**, v. 4, pp. 1-11, 2015. Disponível em: <>. Acesso em: 20 fev. 2020.

COSTA, R. G.; MEDEIROS, A. N.; FURTADO, D. A.; OLIVEIRA, R. J. F. O.; SANTOS, N. M.; CRUZ, S. E. S. B. S. Desempenho de cabritos Saanen em diferentes instalações alimentados com rações farelada e peletizada. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 10, p. 9-14, 2008. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Roberto_Costa9/publication/279491197_Desempenho_de_Cabritos_Saanen_em_Diferentes_Instalacoes_Alimentados_com_Racoes_Farelada_e_Peletizada/links/55d1ceb708ae95c3504d5dd0/Desempenho-de-Cabritos-Saanen-em-Diferentes-Instalacoes-Alimentados-com-Racoes-Farelada-e-Peletizada.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2020.

CRAWSHAW, R. Food industry co-products as animal feeds. **Handbook of Waste Management and Co-Product Recovery in Food Processing**, v. 2, pp. 391-411, 2009.

Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845693916500164>>. Acesso em: 25 fev. 2020.

CUTLIP, S. E.; HOTT, J. M.; BUCHANAN, N. P.; RACK, A. L.; LATSHAW, J. D.; MORITZ, J. S. The effect of steam-conditioning practices on pellet quality and growing broiler nutritional value. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, p. 249-261, 2008.

Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S105661711931654X?via%3Dihub>>.

Acesso em: 25 abr. 2020.

DAHLKE, F.; RIBEIRO, A. M. L.; KESSLER, A. M.; LIMA, A. R. Tamanho da partícula de milho e forma física da ração e seus efeitos sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 3, pp. 241-248, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2001000300006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 04 mar. 2020.

DALBHAGAT, C. G.; MAHATO, D. K.; MISHRA, H. N. Effect of extrusion processing on physicochemical, functional and nutritional characteristics of rice and rice-based products: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 85, p. 226-240, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224417304673>>. Acesso em: 12 mar. 2020.

DOOYUM, U. D.; MALLIPEDDI, R.; PAMULAPATI, T.; PARK, T.; KIM, J.; WOO, S.; HA, Y. Interactive livestock feed ration optimization using evolutionary algorithms. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 155, pp. 1-11, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169917313765?via%3Dihub>>. Acesso em: 29 fev. 2020.

EASTRIDGE, M. L.; FIRKINS, J. L. Feed concentrates: cereal grains. **Reference Module in Food Science**, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081005965226619?via%3Dihub>>. Acesso em: 27 fev. 2020.

FAÇO, Fábrica De Aço Paulista Ltda. **Manual de transportadores de correias**. 4. ed., 1996. Disponível em: <https://www.academia.edu/16529142/MANUAL_DE_TRANSPORTADORES_DE_CORREIA_FA%C3%87O>. Acesso em: 30 mar. 2020.

FAY, A.; SCHMIDBERGER, T.; SCHERF, T. Knowledge-based support of HAZOP studies using a CAEX model. **Inside Functional Safety**, v. 2, p. 5-15, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/303048235_Knowledge-based_support_of_HAZOP_studies_using_a_CAEX_model>. Acesso em: 21 mar. 2020.

FERGUSON, J. D. Food Residue, loss and waste as animal feed. In: **Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials**. Amsterdam: Elsevier, 2019, pp. 395-407. E-book. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128035818111695?via%3Dihub>>. Acesso em: 21 fev. 2020.

FERRAZ, Máquinas e Engenharia LTDA. 2020. Disponível em:

<<http://www.ferrazmaquinas.com.br/conteudo/moinhos-de-graos-e-farelos.html>>. Acesso em: 01 mai. 2020.

FERREIRA, A. C. S. Sistema de produção e controle de qualidade em uma fábrica de ração para aves. **Universidade Federal do Ceará**, 2014. Disponível em:

<<http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/35248>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

FILHO, A. D. P. O modelo dinâmico de gestão financeira de empresas: procedimentos de operacionalização. **Contabilidade Vista & Revista**, v. 9, p. 12-22, 1998. Disponível em:

<<https://revistas.face.ufmg.br/index.php/contabilidadevistaerevista/article/view/122>>. Acesso em: 26 mar. 2020.

FRANÇA, J.; SAAD, F. M. O. B.; SAAD, C. E. P.; SILVA, R. C.; REIS, J. S. Avaliação de ingredientes convencionais e alternativos em rações de cães e gatos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 222-231, 2011. Disponível em:

<<http://sbz.org.br/revista/artigos/66277.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2020.

FUCILLINI, D. G.; VEIGA, C. H. A. Controle da capacidade produtiva de uma fábrica de rações e concentrados: um estudo de caso. **Custos e Agronegócios**, v. 10, pp. 221-240, 2014. Disponível em:

<<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numro4v10/OK%2011%20racoes.pdf>>.

Acesso em: 03 mar. 2020.

GODOI, M. J. S.; DETTMAMM, E. Fabricação de ração: determinação do tempo de mistura em misturador horizontal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 4, pp. 487-490, 2007. Disponível em:

<https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/048V4N6P487_490_NOV2007.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2020.

GOMES, R. C.; NUÑEZ, A. J. C.; MARINO, C. T.; MEDEIROS, S. R. Estratégias alimentares para gado de corte: suplementação a pasto, semiconfinamento e confinamento. In: MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. C.; BUNGENSTAB, D. J (ed.). **Nutrição de bovinos de corte**: fundamentos e aplicações. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015. E-Book. Disponível em:

< <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120040/1/Nutricao-Animal-livro-em-baixa.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2020.

GOMIDE, R. **Operações unitárias**: operações com sistemas sólidos granulares. São Paulo: FEI, v. 1, 1983.

GUPTA, M. C.; HUEFNER, R. J. Cluster analysis study of financial ratios and industry characteristics. **Journal of Accounting Research**, v. 10, p. 75-95, 1972. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/a/bla/joares/v10y1972i1p77-95.html>>. Acesso em: 27 mar. 2020.

HARTOG, J. Feed for food: HACCP in the animal feed industry. **Food Control**, v. 14, pp. 95-99, 2003. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713502001111>>. Acesso em: 02 mar. 2020.

International Electrotechnical Commission **IEC 62424** Representation of process control engineering – Requests in P&I diagrams and data Exchange between P&ID tools and PCE-CAE tools, 17 p., 2016. Disponível em: <<https://www.sis.se/api/document/preview/8021455/>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

International Organization for Standardization **ISO 10628** Flow diagrams for process plants – General rules, 59 p., 1997. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/18721.html>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

International Organization for Standardization **ISO 15519** Specification for diagrams for process industry — Part 1: General rules, 37 p., 2010. Disponível em: <>. Acesso em: 20 mar. 2020.

KLEIN, A. A. Pontos críticos de controle de qualidade em fábricas de ração: uma abordagem prática. In: I Simpósio Internacional ACAV, 1999, Concórdia, Santa Catarina. Disponível em: <http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/anais/anais56_klein.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2020.

LANA, R. P. Mini curso: Sistema Viçosa de formulações de rações (formulação de ração total, concentrado, misturas minerais e suplementos múltiplos para gado de leite e gado de corte). In: II SIMPÓSIO SOBRE SISTEMA VIÇOSA DE FORMULAÇÕES DE RAÇÕES (FORMULAÇÃO DE RAÇÃO TOTAL, CONCENTRADO, MISTURAS MINERAIS E SUPLEMENTOS MÚLTIPLOS PARA GADO DE LEITE E GADO DE CORTE), v. 05, Fortaleza, CE, 2011. Disponível em: <

<http://www.nutricaoanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/485/2398>>.

Acesso em: 30 jun. 2020.

LAWRENCE, M. Rethinking the translation of nutrition evidence into public health practice. **Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism**, v. 8, pp. 62-62, 2017. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/319126800_Challenges_to_adoption_of_nutritional_knowledge_in_the_animal_industries>. Acesso em: 20 fev. 2020.

LINDLEY, J. A. Mixing processes for agricultural and food materials: 1. Fundamentals of mixing. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 48, pp. 153-170, 1991.

Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0021863491800124>>.

Acesso em: 09 mar. 2020.

LIRIO, F. R.; RIGATTI, L. F.; VARGAS, J. V. C. Estudo energético de um processo industrial para a produção de ração animal com aplicação da biomassa de microalga como aditivo nutricional. **Gestão, tecnologia e inovação**, v. 2, pp. 26-35, 2019. Disponível em:

<<http://www.opet.com.br/faculdade/revista-engenharias/pdf/n4/Artigo3-n4-Estudo-energ%C3%A9tico-de-um-processo-industrial-para-a-produ%C3%A7%C3%A3o-de-ra%C3%A7%C3%A3o-animal.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2020.

MAGALHÃES, C. C. Parâmetros operacionais do processo de extrusão termoplástica para a produção de rações secas para animais. **Universidade Federal do Rio Grande do Norte**, 2019. Disponível em:

<https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/9914/1/ParametrosOperacionais_Magalhaes_2019.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2020.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n° 17**, de 07 de abril de 2008. Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos->

agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-17-de-7-de-abril-de-2008.pdf/view>. Acesso em: 03 mar. 2020.

MARCHESINI, G.; CORTESE, M.; UGHELINI, N.; RICCI, R.; CHINELLO, M.; CONTIERO, B.; ANDRIGHETTO, I. Effect of total mixed ration processing time on ration consistency and beef cattle performance during the early fattening period. **Animal Feed Science and Technology**, v. 262, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840119311204>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

MAROSTEGA, M. Ações atuantes em moegas para recebimento de grãos. **Universidade Federal de Santa Maria**, 2017. Disponível em: <http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2017/TCC_MATEUS%20MAROSTEGA.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2020.

MATOS, S. P. **Operações Unitárias**: fundamentos, transformações e aplicações dos fenômenos físicos e químicos. 1. ed. São Paulo: Érica, 2015. E-book. Disponível em: <www.univates.br/biblioteca>. Acesso em: 02 mar. 2020.

METALÚRGICA KRABBE LTDA. Transportadores Redlers, elevadores, moinho, misturador e envasadora. Westfalia, RS, 2020.

MEURER, R. P.; FÁVERO, A.; DAHLKE, F.; MAIORKA, A. Avaliação de rações peletizadas para frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, v. 13, p. 229-240, 2008. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/veterinary/article/view/13059/9818>>. Acesso em: 25 abr. 2020.

MFRURAL. 2020. Disponível em: <<https://www.mfrural.com.br/detalhe/260143/silos-para-armazenamento-de-graos-e-racao>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

NETO, A. A. **Finanças corporativa e valor**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2020.

NIKMARAM, N.; LEONG, S. Y.; KOUBAA, M.; ZHU, Z.; BARBA, F. J.; GREINER, R.; OEY, I.; ROOHINEJAD, S. Effect of extrusion on the anti-nutritional factors of food products: an overview. **Food Control**, v. 79, p. 62-73, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713517301482?via%3Dihub>>. Acesso em: 11 mar. 2020.

OBERNBERGER, I.; THEK, G. **The pellet handbook**: the production and thermal utilization of *pellets*. Earthscan, 2010.

OELBERG, T. J.; STONE, W. Monitoring total mixed rations and feed delivery systems. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 30, pp. 721-744, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0749072014000620?via%3Dihub>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

OLIVEIRA, A. R. P.; BORGES, W. S. Avaliação da importância do controle de qualidade na produção de ração animal extrusada: um estudo de caso. **Revista GETEC**, v. 7, p. 81-88, 2018. Disponível em: <<http://www.fucamp.edu.br/editora/index.php/getec/article/view/1172>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

OLIVEIRA, F. Controle de Qualidade em fábrica de ração para frangos de corte. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/124629/FERNANDO%20DE%20OLIVEIRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 25 out. 2020.

OLIVEIRA, J. B.; FURINI, L.; NICHEL, S. Projeto de uma indústria de rações. 2019.

OLIVEIRA, M. D. S.; LEW, B. J. Efeito da proporção concentrado: volumoso de ração completa peletizada contendo torta de girassol, sobre a digestibilidade ruminal *in vitro*, em bovinos. **Revista de Educação Continuada do CRMV-SP**, v. 5, p. 278-287, 2002. Disponível em: <<https://www.revistamvez-crmvsp.com.br/index.php/recmvz/article/view/3294/2499>>. Acesso em: 01 mai. 2020.

POZZA, P. C.; POZZA, M. S. S.; RICHART, S.; OLIVEIRA, F. G.; GASPAROTTO, E. S.; SCHLICKMANN, F. Avaliação da moagem e granulometria do milho e consumo de energia no processamento em moinhos de martelos. **Ciência Rural**, v. 35, pp. 235-238, 2005.

Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n1/a40v35n1.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2020.

PERRY, R. H.; GREEN, D. W.; MALONEY, J. O. **Perry's Chemical Engineers' Handbook**. 7. ed. Mc-Graw-Hill, 1997.

PINTO, J. F. B. Otimização de sistemas de mistura e alimentação em unidades produtoras de plástico. **Universidade Nova de Lisboa**, 2013. Disponível em:

<<https://run.unl.pt/handle/10362/10911>>. Acesso em: 18 abr. 2020.

REIS, A. G. **Geometria plana e sólida: introdução e aplicação em agrimensuras**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

RIBEIRO, M. J. P. M.; ABRANTES, J. C. C. Moagem em Moinho de Bolas: Estudo de algumas Variáveis e Otimização Energética do Processo. **Cerâmica Industrial**, v. 6, pp. 7-11, 2001. Disponível em:

<https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34311620/v6n2_1.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMoagem+em+Moinho+de+Bolas+Estudo+de+algu.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190906%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20190906T110135Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=1f412e0f56318f7bd00bdaaf47346ac203cc2080e3a51a8e17be67713992965>.

Acesso em: 02 mar. 2020.

ROCHA, L. B.; MOREIRA, W. M.; LIMA, O. C. M. Simulação rigorosa de colunas de destilação em Aspen Plus para produção de etanol hidratado e etanol anidro. In: Encontro de Pesquisa da FATEB, III, 2016, Telêmaco Borba, PR. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Lucas_Bonfim-

[Rocha/publication/311105787 SIMULACAO RIGOROSA DE COLUNAS DE DESTILACAO EM ASPEN PLUS R PARA PRODUCAO DE ETANOL HIDRATADO E ETANOL ANIDRO/links/5a8e20b1458515eb85ac87fc/SIMULACAO-RIGOROSA-DE-COLUNAS-DE-DESTILACAO-EM-ASPEN-PLUS-R PARA-PRODUCAO-DE-ETANOL-HIDRATADO-E-ETANOL-ANIDRO.pdf](https://pubs.rsc.org/en/publication/311105787/SIMULACAO-RIGOROSA-DE-COLUNAS-DE-DESTILACAO-EM-ASPEN-PLUS-R PARA-PRODUCAO-DE-ETANOL-HIDRATADO-E-ETANOL-ANIDRO/links/5a8e20b1458515eb85ac87fc/SIMULACAO-RIGOROSA-DE-COLUNAS-DE-DESTILACAO-EM-ASPEN-PLUS-R PARA-PRODUCAO-DE-ETANOL-HIDRATADO-E-ETANOL-ANIDRO.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2020

SALGADO, Y. C.; SUÁREZ, E. G.; CORTES, M. G.; CORSANO, G. Experiencia en la integración de procesos en la industria papelera, utilizando el ASPEN PLUS. **Tecnología Química**, v. 29, p. 70-82, 2009. Disponível em:

<<https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543759009.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2020.

SANTURIO, J. M. Micotoxinas e micotoxícoses na avicultura. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 2, 2000. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2000000100001&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 28 fev. 2020.

SAPKOTA, A. R.; LEFFERTS, L. Y.; MCKENZIE, S.; WALKER, P. What do we feed to food-production animals? A review of animal feed ingredients and their potential impacts on human health. **Environmental Health Perspectives**, v. 115, pp. 663-670, 2007. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1867957/>>. Acesso em: 29 fev. 2020.

SCHEFFLAN, R. **Teach yourself the basics of Aspen Plus**. 2. ed. Hoboken, EUA: John Wiley & Sons, 2016. E-book. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=rSXvDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR13&dq=aspen+plus+chemical+engineering&ots=8p_BQ-zZEZ&sig=znjpsnUEH0uYAjgRCUFd9UF-nqQ#v=onepage&q=aspen%20plus%20chemical%20engineering&f=false>. Acesso em: 15 mar. 2020.

SCHIGOETHE, D. J. A 100-year review: total mixed ration feeding of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, pp. 10143-10150, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030217310445>>. Acesso em: 9 mar. 2020.

SCHLEBURG, M.; CHRISTIANSEN, L.; THORNHILL, N. F.; FAY, A. A combined analysis of plant connectivity and alarm logs to reduce the number of alerts in an automation system. **Journal of Process Control**, v. 23, p. 839-851, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959152413000541>>. Acesso em: 21 mar. 2020.

SCHÜLLER, A.; EPPLER, U. PandIX – exchanging P&I diagram model data. In: International Conference on Emerging Technologies & Factory Automation, XVII, 2012, Krakow, Polônia. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6489537/citations?tabFilter=papers#citations>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

SILVA, J. S.; CORRÊA, P. C. Estrutura, composição e propriedades dos grãos. In: SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. p. 21-37.

SILVA, L. C. Estruturas para armazenagem de grãos a granel. **Agais**, pp. 1-11, 2010. Disponível em: <http://www.agais.com/manuscript/ag0210_armazenagem_granel.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2020.

SINDIRAÇÕES. Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. 2018. Disponível em: <<https://sindiracoes.org.br/mercado-que-engorda/>>. Acesso em: 18 abr. 2020.

SINGH, S. K.; SINGHA, P.; MUTHUKUMARAPPAN, K. Modeling and optimizing the effect of extrusion processing parameters on nutritional properties of soy white flakes-based extrudates using response surface methodology. **Animal Feed Science and Technology**, v. 254, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840116307428?via%3Dihub>>. Acesso em: 13 mar. 2020.

SINNOTT, R.; TOWLER, G. Piping and instrumentation. **Chemical Engineering Design**, p. 215-273, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081025994000059>>. Acesso em: 21 mar. 2020.

TADINI, C. C.; TELIS, V. R. N.; MEIRELLES, A. J. A.; FILHO, P. A. P. **Operações unitárias na indústria de alimentos**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. E-Book. Disponível em: <www.univates.br/biblioteca>. Acesso em: 04 mar. 2020.

TEIXEIRA, C. A.; FILHO, D. O.; FILHO, A. F. L.; MARTINS, J. H. Racionalização do uso de força motriz em fábricas de ração. **Engenharia Agrícola**, v. 25, pp. 330-340, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-69162005000200006&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 02 mar. 2020.

TEIXEIRA, M. M.; RIZZO, R.; DETMANN, E.; MAGALHÃES, R.; MOREIRA, G.; SASSAKI, R. S. Avaliação da qualidade da mistura de ração em misturador horizontal considerando a homogeneidade dos ingredientes. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, pp. 123-131, 2012. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/agrarias/avaliacao%20da%20qualidade%20da%20mistura.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2020.

THOMAS, M.; ZUILICHEM, D. J.; POEL, A. F. B. Physical quality of pelleted animal feed. 2. Contribution of processes and its conditions. **Animal Feed Science Technology**, v. 64, p. 173-192, 1997. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840196010589>>. Acesso em: 25 abr. 2020.

TORRES, A. A. O. Modelagem do processo Bayer utilizando o software comercial Aspen Plus. **Universidade estadual de campinas**, 2001. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/267614/1/Torres_ArmandoAntoniodeOliveira_M.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2020.

TOSO, E. A. V.; MORABITO, R. Otimização no dimensionamento e sequenciamento de lotes de produção: estudo de caso numa fábrica de rações. **Gestão e Produção**, v. 12, pp. 203-217, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2005000200006&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 05 set. 2019.

W.T.F. Máquinas e Equipamentos. 2020. Disponível em:

<<https://wfa.com.br/produtos/misturador-de-pas>>. Acesso em: 25 abr. 2020.

XU, E.; WU, Z.; PAN, X.; LONG, J.; WANG, F.; XU, X.; JIN, Z.; JIAO, A. Effect of enzymatic (thermostable α -amylase) treatment on the physicochemical and antioxidante properties of extruded rice incorporated with soybean flour. **Food Chemistry**, v. 197, p. 114-123, 2016. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814615301084>>. Acesso em: 12 mar. 2020.

YAMAKI, D. Reforma de um elevador de canecas de uma unidade de granulação de fertilizantes. 2014. Monografia (Pós-Graduação em Tratamento de minérios) – Universidade Federal de Goiás – UFG, Catalão, GO, dez. 2014.

YIM, S. Y.; ANANTHAKUMAR, H. G.; BENABBAS, L.; HORCH, A.; DRATH, R.;

THORNHILL, N. F. Using process topology in plant-wide control loop performance assessment. **Computers & Chemical Engineering**, v. 31, p. 86-99, 2006. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098135406000937>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

YU, M.; WOMAC, A. R.; PORDESIMO, L. O. Review of Biomass Size Reduction Technology. In: ASAE Annual International Meeting, Las Vegas, Nevada, 2003. Disponível em: <<https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=15454>>. Acesso em: 03 mar. 2020.